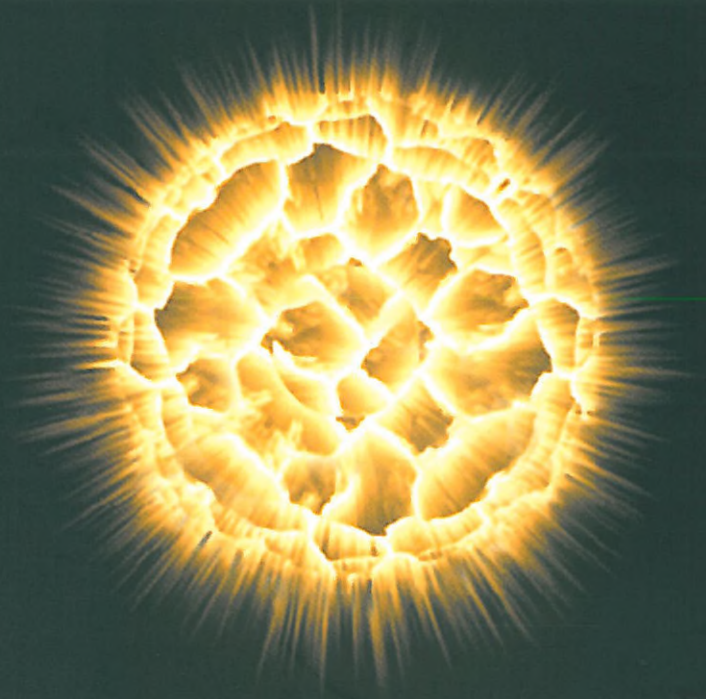
SIMON SINGH

BIG BANG

Originea universului



HUMANITAS

BIG BANG

SIMON SINGH a studiat fizica la Imperial College şi a obţinut titlul de doctor în fizica particulelor elementare la Universitatea Cambridge. După ce a lucrat timp de cinci ani la serialul de televiziune *Tomorrow's World* de la BBC, în 1996, în cadrul serialului *Horizon*, a regizat şi a fost coproducătorul unui film despre Marea Teoremă a lui Fermat, film distins cu premiul BAFTA. Cartea scrisă un an mai târziu pe acelaşi subiect (*Fermat's Last Theorem*) a devenit una dintre cele mai bine vândute cărţi de popularizare a ştiinţei. Acelaşi succes l-a înregistrat în 1999 şi *The Code Book* (*Cartea codurilor*), care a stat la baza unui alt serial de televiziune, *The Science of Secrecy*. Ambele cărţi ale sale au apărut în traducere românească la Editura Humanitas.

SIMON SINGH

BIG BANG

Originea universului

Traducere din engleză de
VLAD ZOGRAFI

HUMANITAS
BUCUREȘTI

Coperta
IONUȚ BROȘTIANU

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
SINGH, SIMON
Big Bang: originea universului / Simon Singh; trad.: Vlad Zografi. – București: Humanitas, 2008
Bibliogr.
ISBN 978-973-50-2016-3

I. Zografi, Vlad (trad.)

524.85

SIMON SINGH
BIG BANG
THE ORIGIN OF THE UNIVERSE
Copyright © Simon Singh, 2004
All rights reserved by the Author throughout the world.

© HUMANITAS, 2008, pentru prezenta versiune românească

EDITURA HUMANITAS
Piața Presei Libere 1, 013701 București, România
tel. 021/408 83 50, fax 021/408 83 51
www.humanitas.ro

Comenzi CARTE PRIN POȘTĂ: tel. 021/311 23 30
C.P.C.E. — CP 14, București
e-mail: cpp@humanitas.ro
www.librariilehumanitas.ro

Această carte nu ar fi fost posibilă fără Carl Sagan,
James Burke, Magnus Pyke, Heinz Wolff,
Patrick Moore, Johnny Ball, Rob Buckman,
Miriam Stoppard, Raymond Baxter
și toți producătorii și regizorii de emisiuni științifice
de televiziune care mi-au trezit interesul
pentru știință.

Așază trei grăunțe de nisip într-o mare catedrală, iar catedrala va fi mai dens umplută de nisip decât e cerul de stele.

JAMES JEANS

Efortul de a înțelege universul e unul dintre rarele lucruri care înalță viața omului puțin mai sus de nivelul unei farse și îi dă ceva din fiorul unei tragedii.

STEVEN WEINBERG

În știință încercăm să spunem oamenilor, așa încât să fim înțeleși de toți, ceva ce nimeni nu știuse până atunci. În poezie însă e exact pe dos.

PAUL DIRAC

Cel mai de neînțeles lucru în privința universului e că poate fi înțeles.

ALBERT EINSTEIN

Capitolul 1

ÎNCEPUTURILE

Știința trebuie să înceapă cu miturile și cu critica miturilor.

KARL POPPER

Nu mă simt obligat să cred că același Dumnezeu care ne-a înzestrat cu judecată, rațiune și intelect a vrut ca noi să renunțăm să ne folosim de ele.

GALILEO GALILEI

Poate că e scump să trăiești pe Pământ, dar asta include în fiecare an o călătorie gratuită în jurul Soarelui.

ANONIM

Fizica nu e religie. Dacă ar fi, am căpăta mult mai ușor fonduri.

LEON LEDERMAN

Universul nostru e presărat cu peste o sută de miliarde de galaxii, fiecare din ele conținând aproximativ o sută de miliarde de stele. Nu e limpede câte planete se învârt în jurul acestor stele, dar e sigur că măcar pe una din ele a apărut viața. Și, mai ales, există o formă de viață care a avut capacitatea și îndrăzneala să cugete asupra originilor acestui vast univers.

Oamenii au privit spre cer de mii de generații, dar noi suntem norocoșii care aparținem primei generații ce poate afirma că a ajuns la o descriere acceptabilă, rațională și coerentă a apariției și evoluției universului. Modelul big bang* oferă o explicație elegantă asupra originii a tot ce vedem noaptea pe cer, fiind una dintre cele mai mari înfăptuiri ale inteligenței și spiritului uman. E rezultatul curiozității fără limite, imaginației fabuloase, observației pătrunzătoare și logicii implacabile.

Un lucru încă și mai minunat e că modelul big bang poate fi înțeles de toată lumea. Când, adolescent fiind, am aflat prima oară despre big bang, am fost uimit de simplitatea și frumusețea lui, precum și de faptul că se bazează pe principii care, în cea mai mare parte, nu depășesc fizica pe care o învățasem deja la școală. Așa cum teoria selecției naturale a lui Darwin este deopotrivă fundamentală și comprehensibilă, modelul big bang poate fi explicat în termeni pe înțelesul nespecialistului, fără a pierde ceva din conceptele esențiale ale teoriei.

Dar, înainte de a face cunoștință cu primele semne de viață ale modelului big bang, trebuie să-i cercetăm rădăcinile. Modelul big bang

---

* Am ales să folosim consecvent sintagma englezească, deja încetățenită, în locul unei traduceri românești, de pildă „marea explozie". (*N. t.*)

al universului s-a dezvoltat în ultima sută de ani, iar aceasta a fost cu putință numai datorită faptului că descoperirile din secolul XX s-au întemeiat pe astronomia concepută în secolele precedente. La rândul lor, aceste teorii și observații asupra cerului au fost obținute în cadrul științific făurit stăruitor de-a lungul a două milenii. Întorcându-ne și mai mult în timp, calea spre adevărul obiectiv al lumii materiale prin metoda științifică a putut apărea doar atunci când rolul miturilor și folclorului a început să scadă. În fond, rădăcinile modelului big bang și nevoia de a avea o teorie științifică a universului pot fi urmărite în timp până la declinul perspectivei mitologice asupra lumii.

De la creatorii giganți la filozofii greci

Conform unui mit chinezesc al creației care datează de pe la 600 î.Cr., Phan Ku, creatorul gigant, a apărut dintr-un ou și a început să făurească lumea folosind o daltă pentru a ciopli văile și munții. Apoi a așezat Soarele, Luna și stelele în cer, și a murit de îndată ce a dus la bun sfârșit aceste sarcini. Moartea creatorului gigant a fost un moment esențial al procesului de creație, pentru că rămășițele trupului său au desăvârșit lumea. Craniul lui Phan Ku a devenit bolta cerului, carnea – solul, oasele s-au transformat în pietre, iar sângele în râuri și mări. Ultima lui suflare a adus vântul și norii, iar lacrimile lui – ploaia. Părul i-a căzut pe pământ, dând naștere plantelor, în timp ce puricii din păr au stat la originea rasei umane. Pentru că nașterea noastră a avut nevoie de moartea creatorului, suntem condamnați să ne căim pe veci.

Mitul epic al creației din *Edda* islandeză nu începe însă cu un ou, ci cu un hău care se căsca. Acest spațiu gol separa ținuturile opuse Muspell și Niflheim, până când căldura dogoritoare și strălucitoare din Muspell a topit zăpada și gheața din Niflheim, iar umezeala a umplut hăul căscat, făcând să apară viața sub forma gigantului Imir. Abia atunci a putut începe creația.

Populația Krachi din Togo, în vestul Africii, vorbește despre un alt gigant, marele zeu albastru Wulbari, reprezentând cerul. Era o vreme când stătea chiar sprijinit de pământ, dar o femeie care pisa boabe cu un lemn lung l-a împuns și l-a înghiontit întruna, până când, supărat,

s-a ridicat. Dar oamenii puteau încă ajunge la Wulbari, se foloseau de pântecele lui ca de un ştergar şi smulgeau bucăţele din trupul lui albastru pentru a-şi condimenta supa. Treptat, Wulbari a urcat tot mai sus, până când cerul albastru nu mai putea fi atins, iar de atunci acolo a rămas.

Pentru populaţia Yoruba, tot din vestul Africii, Olorun era stăpânul cerului. Când a privit în jos spre mlaştina lipsită de viaţă, i-a cerut unei alte divinităţi să ducă o cochilie de melc pe pământ. În cochilie erau un porumbel, o găină şi puţină humă. Huma s-a împrăştiat pe mlaştinile pământului, după care găina şi porumbelul au început s-o zgârie şi s-o scurme până când mlaştina a devenit pământ solid. Pentru a încerca lumea, Olorun a trimis cameleonul, care, coborând pe pământ, din albastru s-a făcut cenuşiu, semn că găina şi porumbelul îşi duseseră sarcina la bun sfârşit.

De-a lungul şi de-a latul lumii, fiecare cultură şi-a făurit propriile mituri despre originea universului şi despre felul în care a fost alcătuit. Aceste mituri ale creaţiei diferă mult, fiecare reflectând mediul şi societatea în care au apărut. În Islanda, forţele vulcanice şi meteorologice dau naştere lui Imir, dar, pentru populaţia vest-africană Yoruba, găina şi porumbelul, atât de familiare, fac să apară pământul solid. Toate aceste mituri ale creaţiei au însă câteva trăsături comune. Fie că e vorba de marele, albastrul Wulbari, purtând semnele loviturilor, fie că e vorba de gigantul muribund chinez, aceste mituri invocă inevitabil cel puţin o fiinţă supranaturală care joacă rolul crucial în explicarea creaţiei universului. De asemenea, fiecare mit reprezintă adevărul absolut în cadrul societăţii care l-a făurit. Cuvântul „mit" vine de la grecescul *mythos*, care poate însemna „poveste", dar şi „cuvânt", în sensul de „cuvânt ultim". Într-adevăr, oricine ar fi îndrăznit să pună în discuţie aceste explicaţii putea fi acuzat de erezie.

Nu s-au schimbat prea multe până la sfârşitul secolului al VI-lea î.Cr., când în rândul „intelectualilor" toleranţa şi-a făcut brusc apariţia. Pentru prima oară filozofii erau liberi să abandoneze explicaţiile mitologice despre univers şi să-şi conceapă propriile teorii. De pildă, Anaximandru din Milet susţinea că Soarele este o gaură în inelul umplut cu foc ce înconjoară Pământul şi se roteşte în jurul lui. El credea de asemenea că Luna şi stelele nu sunt decât găuri în firmament, dezvăluind focuri altminteri ascunse. Pe de altă parte, Xenofan din Colofon credea că Pământul emană gaze combustibile acumulate în

timpul nopții până când ele ating o masă critică și iau foc, creând astfel Soarele. Noaptea cade din nou atunci când balonul de gaz a ars în întregime, lăsând în urmă doar câteva scântei pe care le numim stele. Într-un mod asemănător a explicat și Luna, gazele acumulându-se și arzând în cursul unui ciclu de douăzeci și opt de zile.

Nu e important faptul că Anaximandru și Xenofan erau departe de adevăr, esențial e că ei au conceput teorii care explicau lumea naturală fără a face apel la planuri supranaturale și zeități. Teoriile care spun că Soarele e un foc ceresc privit printr-o gaură în firmament sau un balon de gaz arzând sunt de altă natură decât miturile grecești care explicau Soarele invocând un car de flăcări condus de-a lungul firmamentului de zeul Helios. Asta nu înseamnă că filozofii din noul val voiau cu tot dinadinsul să nege existența zeilor; ei pur și simplu refuzau să creadă că fenomenele naturale se explică prin intervenția zeilor.

Acești filozofi au fost primii *cosmologi*, în sensul că erau preocupați de studiul științific al universului fizic și al originilor sale. Cuvântul „cosmologie" provine de la grecescul *kosmeo*, care înseamnă „a ordona" sau „a organiza", reflectând credința că universul ar putea fi înțeles și merită o cercetare analitică. Cosmosul prezintă regularități, iar ambiția grecilor era să găsească aceste regularități, să le examineze și să înțeleagă ce se ascunde în spatele lor.

Ar fi o mare exagerare să spunem că Xenofan și Anaximandru au fost oameni de știință în înțelesul modern al cuvântului și i-am supraestima dacă am considera că ideile lor sunt teorii științifice desăvârșite. Și totuși, ei au contribuit fără îndoială la nașterea gândirii științifice, iar spiritul care i-a animat are multe în comun cu știința modernă. De pildă, la fel ca ideile din știința modernă, ideile cosmologilor greci puteau fi criticate și comparate, îmbunătățite sau abandonate. Grecilor le plăcea argumentația riguroasă, așa încât comunitatea filozofilor examina teoriile, punea în discuție raționamentele din spatele lor și în cele din urmă o alegeau pe cea mai convingătoare. Dimpotrivă, în multe alte culturi, oamenii n-ar fi îndrăznit să pună sub semnul întrebării propria lor mitologie. Fiecare mitologie era o convingere religioasă în cadrul societății.

Pitagora din Samos a contribuit la consolidarea bazelor acestei noi mișcări raționaliste de pe la 540 î.Cr. El a făcut o pasiune pentru

matematică, devenită parte a filozofiei sale, și a demonstrat că numerele și ecuațiile puteau fi folosite pentru a formula teorii științifice. Una din primele lui descoperiri a fost explicarea armoniei muzicii prin armonia numerelor. Cel mai important instrument în muzica elenă timpurie a fost tetracordul, o liră cu patru corzi, dar Pitagora și-a formulat teoria făcând experiențe cu o singură coardă. Coarda era ținută sub o tensiune fixă, dar lungimea ei putea fi modificată. Ciupind o coardă de o anumită lungime, era produsă o anume notă, iar Pitagora și-a dat seama că înjumătățind lungimea aceleiași corzi obținea o notă cu o octavă mai sus și în armonie cu nota inițială. De fapt, modificând lungimea corzii în orice raport simplu se producea o notă în armonie cu prima (de pildă un raport de 3:2, numit azi cvintă), dar modificarea cu o fracție oarecare (de pildă 15:37) conducea la o disonanță.

Odată ce Pitagora a arătat că matematica putea fi folosită pentru a explica și descrie muzica, generații ulterioare de savanți au folosit numerele pentru a explora totul, de la traiectoria unei ghiulele până la structurile haotice din meteorologie. Wilhelm Röntgen, cel care a descoperit în 1895 razele X, credea cu tărie în filozofia pitagoreică a matematicii. „Pregătirea fizicianului cere trei lucruri: matematică, matematică și iar matematică", spunea el.

Crezul lui Pitagora era că „totul este număr". Pornind de aici, a încercat să găsească regulile matematice de care ascultă corpurile cerești. El susținea că mișcarea Soarelui, a Lunii și a planetelor pe bolta cerească producea anumite note muzicale, determinate de lungimile orbitelor. Prin urmare, conchidea Pitagora, aceste orbite și note trebuie să se afle în anumite raporturi numerice pentru ca universul să fie în armonie. În epocă, teoria lui devenise foarte cunoscută. O putem reexamina din perspectivă modernă și vedea dacă rezistă rigorilor metodei științifice din zilele noastre. Afirmația lui Pitagora că universul e scăldat în muzică nu se întemeiază pe vreo forță supranaturală — iată un avantaj al ei. Teoria e destul de simplă și elegantă, două calități prețuite în știință. În general, o teorie bazată pe o unică ecuație scurtă și frumoasă e de preferat unei teorii care se întemeiază pe mai multe ecuații încâlcite și inestetice, cu numeroase condiții restrictive. Fizicianul Berndt Matthias spunea: „Dacă vezi în *Physical Review* o formulă care depășește un sfert de pagină, las-o baltă. E greșită. Natura

nu e atât de complicată." Simplitatea și eleganța sunt însă secundare în raport cu cea mai importantă trăsătură a oricărei teorii științifice: ea trebuie să corespundă realității și să permită testarea* ei — iar aici teoria muzicii cerești eșuează cu totul. După Pitagora, am fi mereu cufundați în această ipotetică muzică cerească, dar n-o putem percepe fiindcă am ascultat-o de când ne-am născut și ne-am obișnuit cu ea. În cele din urmă, orice teorie care prezice o muzică imposibil de auzit, sau orice altceva imposibil de detectat, e o proastă teorie științifică.

O teorie științifică veritabilă trebuie să facă predicții observabile sau măsurabile despre univers. Dacă rezultatele unui experiment sau ale unei observații se potrivesc cu predicțiile teoretice, există motive ca teoria să poată fi acceptată, iar apoi încorporată în cadrul științific mai larg. Pe de altă parte, dacă predicțiile teoretice sunt inexacte și intră în contradicție cu experimentele sau observațiile, atunci teoria trebuie respinsă, sau cel puțin adaptată, indiferent cât de simplă și de frumoasă ar fi ea. E provocarea supremă, și în același timp brutală, dar toate teoriile științifice trebuie să fie testabile și compatibile cu realitatea. În secolul XIX, biologul Thomas Huxley spunea: „Marea tragedie a științei — asasinarea unei ipoteze frumoase de către un fapt urât."

Din fericire, urmașii lui Pitagora au clădit mai departe pornind de la ideile lui și i-au îmbunătățit metodologia. Treptat, știința a devenit o disciplină tot mai complexă și mai puternică, în stare să înfăptuiască lucruri uimitoare, cum ar fi măsurarea diametrelor reale ale Soarelui, Lunii și Pământului, precum și a distanței dintre ele. Aceste măsurători au fost momente de răscruce în istoria astronomiei, reprezentând primii pași curajoși în direcția înțelegerii întregului univers. Se cuvine deci să prezentăm mai amănunțit aceste măsurători.

Încă înainte să poată fi calculată vreo distanță cerească, vechii greci au stabilit pentru prima dată că Pământul e o sferă. Ideea a început să fie acceptată când filozofii au observat că, atunci când corăbiile se îndepărtau trecând de linia orizontului, doar vârfurile catargelor se mai zăreau. Lucrul era cu putință numai dacă suprafața mării era curbată.

---

* Aici, precum și în întreaga carte, fidel perspectivei lui Karl Popper asupra teoriilor științifice, Simon Singh se referă constant la *testare*, și nu la *verificare*. Într-adevăr, fiind un enunț universal, o teorie nu poate fi verificată, ci doar testată. (*N. t.*)

Dacă suprafața mării era curbată, atunci era de presupus că același lucru se întâmpla și cu Pământul, ceea ce însemna că probabil era sferic. Această perspectivă a fost confirmată prin observarea eclipselor de Lună, când Pământul aruncă o umbră în formă de disc asupra Lunii, exact forma care ar corespunde unui obiect sferic. Semnificativ era de asemenea faptul că toată lumea putea vedea că Luna însăși era rotundă, sugerând că sfera era starea naturală — ceea ce dădea apă la moară ipotezei că Pământul e rotund. Lucrurile începeau să se lege, o contribuție având și istoricul și călătorul grec Herodot care vorbea despre oamenii din nordul îndepărtat ce dormeau o jumătate din an. Dacă Pământul era sferic, atunci diferitele regiuni de pe glob erau luminate diferit, în funcție de latitudinea lor, ceea ce conducea în mod firesc către iarna polară și nopți care durau șase luni.

Numai că un Pământ sferic conducea la întrebarea pe care și copiii din ziua de azi și-o pun: ce îi împiedică pe oamenii din emisfera sudică să cadă? Soluția greacă la acest mister se întemeia pe credința că universul are un centru și toate lucrurile sunt atrase spre acest centru. Centrul Pământului se presupunea a coincide cu centrul ipotetic al universului, așa încât Pământul e static, iar tot ce se află pe suprafața lui e atras către centru. Prin urmare, grecii erau ținuți pe sol de această forță, la fel ca toți oamenii de pe Pământ, chiar dacă trăiau în adâncuri.

Isprava de a măsura dimensiunea Pământului a fost săvârșită pentru prima oară de Eratostene, născut pe la 276 î.Cr. la Cirene, în Libia de azi. Încă din copilărie era limpede că avea o minte strălucită care se putea îndrepta spre orice domeniu, de la poezie la geografie. A fost chiar poreclit Pentathlos, adică un atlet care participa la cele cinci întreceri ale pentatlonului, ceea ce voia să sugereze spectrul larg al înzestrărilor sale. Eratostene și-a petrecut mulți ani ca bibliotecar principal la Alexandria, probabil cel mai prestigios rang academic din lumea antică. Oraș cosmopolit, Alexandria devenise, în detrimentul Atenei, cel mai important centru cultural din zona Mediteranei, iar biblioteca era cea mai respectată instituție de învățământ din lume. Nu vă gândiți la bibliotecari rigizi care aplică ștampile și vorbesc în șoaptă, era un loc plin de viață, cu savanți ageri la minte și studenți sclipitori.

La bibliotecă, Eratostene a aflat că lângă Syene, în sudul Egiptului, nu departe de Aswanul din zilele noastre, exista un puț cu proprietăți remarcabile. În fiecare an, pe 21 iunie, în ziua solstițiului de vară, la amiază, lumina Soarelui pătrunde până în fundul puțului. Eratostene

a înțeles că în acel moment Soarele trebuie să se afle exact deasupra capului, lucru care nu se întâmpla niciodată la Alexandria, aflată mai la nord, la câteva sute de kilometri de Syene. Astăzi știm că Syene e aproape de Tropicul Cancerului, latitudinea cea mai nordică la care Soarele se poate afla drept deasupra capului.

Dându-și seama că motivul pentru care Soarele nu se putea afla simultan deasupra capului la Syene și la Alexandria era curbura Pământului, Eratostene s-a întrebat dacă nu putea folosi acest fapt pentru a măsura circumferința Pământului. El nu s-a gândit la problemă așa cum am face-o noi astăzi, pentru că interpretarea sa geometrică și notația trebuie să fi fost diferite, dar iată explicarea modernă a felului în care a abordat problema. Figura 1 prezintă două raze de Soare paralele care ating Pământul pe 21 iunie, la amiază. Exact în momentul în care raza pătrundea până în fundul puțului din Syene, Eratostene a înfipt un băț vertical în sol la Alexandria și a măsurat unghiul dintre razele Soarelui și băț. Acest unghi e egal cu unghiul dintre liniile radiale pornind din centrul Pământului spre Alexandria și Syene. Unghiul măsurat de el a fost de 7,2°.

Să ne închipuim apoi că la Syene cineva se horărăște să pornească pe jos în linie dreaptă spre Alexandria și își continuă drumul ocolind Pământul, parcurgând astfel un cerc complet, adică 360°. Deci, dacă unghiul dintre Syene și Alexandria este de numai 7,2°, distanța dintre Syene și Alexandria reprezintă 7,2 / 360 sau 1 / 50 din circumferința Pământului. Restul calculului este evident. Eratostene a măsurat distanța dintre cele două orașe, care s-a dovedit a fi de 5 000 de stadii. Dacă ea reprezintă a cincizecea parte din circumferința Pământului, atunci circumferința totală trebuie să fie 250 000 de stadii.

Acum vă puteți întreba cât înseamnă 250 000 de stadii. Un stadiu era distanța standard pe care se desfășurau cursele. Stadiul olimpic măsura 185 de metri, așa încât estimarea circumferinței Pământului ar conduce la 46 250 km, cu doar 15% mai mare decât valoarea reală de 40 100 km. Dar Eratostene putea fi și mai precis. Stadiul egiptean diferea de cel olimpic și era doar de 157 metri, ceea ce dă o circumferință de 39 250 km, cu o eroare de 2%.

Dacă eroarea era de 2% sau de 15 % e irelevant. Important e că Eratostene reușise să calculeze dimensiunea Pământului în mod științific. Orice eroare se putea datora pur și simplu estimării aproximative a unghiului, a distanței Syene–Alexandria, a momentului solstițiului

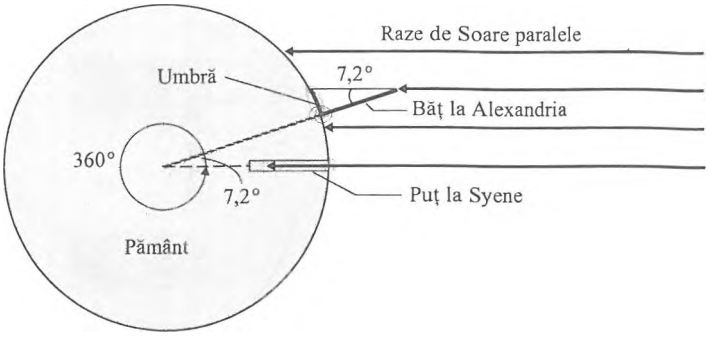


Figura 1 Eratostene a folosit umbra lăsată de un băţ la Alexandria pentru a calcula circumferinţa Pământului. A efectuat experienţa în timpul solstiţiului de vară, când Pământul are înclinaţia maximă, iar oraşele situate pe Tropicul Cancerului sunt cel mai aproape de Soare. Asta înseamnă că în aceste oraşe Soarele se află exact deasupra capului la amiază. Pentru claritatea reprezentării, distanţele în acest desen, precum şi în altele, nu corespund scării. De asemenea, unghiurile sunt exagerate.

de vară, precum şi faptului că Alexandria nu e chiar la nord de Syene. Înainte de Eratostene nimeni nu ştia dacă circumferinţa Pământului era de 4 000 km sau de 4 000 000 km, aşa încât fixarea valorii la aproximativ 40 000 km era un succes formidabil. El dovedea că pentru a măsura planeta nu era nevoie decât de un om cu un băţ şi cu un creier. Altfel spus, alătură o minte unui aparat experimental şi aproape totul devine cu putinţă.

Acum Eratostene putea deduce dimensiunea Lunii şi a Soarelui, precum şi distanţele care le separă de Pământ. Chiar dacă începutul îl făcuseră filozofii mai vechi ai naturii, calculele lor fuseseră incomplete până la stabilirea dimensiunii Pământului, iar acum Eratostene se afla în posesia valorii care lipsea. De pildă, prin observarea mărimii umbrei pe care Pământul o lăsa în timpul unei eclipse lunare, aşa cum se vede în figura 2, se putea deduce că diametrul Lunii era de aproximativ un sfert din cel al Pământului. Odată ce Eratostene arătase că circumferinţa Pământului era de 40 000 km, rezulta că diametrul lui era de circa ($40\,000 \div \pi$) km, adică 12 700 km. Prin urmare, diametrul Lunii era ($1/4 \times 12\,700$) km sau aproximativ 3 200 km.

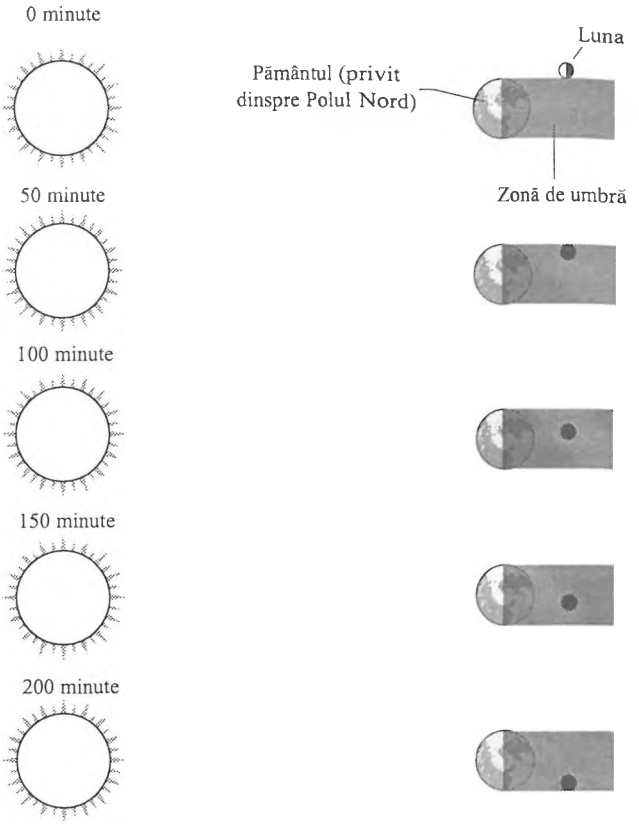


Figura 2 Dimensiunile relative ale Pământului şi Lunii pot fi estimate observând trecerea Lunii prin umbra lăsată de Pământ în timpul unei eclipse lunare. Pământul şi Luna sunt foarte departe de Soare în raport cu distanţa Pământ–Lună, aşa încât dimensiunea umbrei Pământului e aproximativ egală cu dimensiunea Pământului însuşi.

Desenul prezintă trecerea Lunii prin umbra lăsată de Pământ. În această eclipsă particulară — în care Luna trece aproximativ prin centrul umbrei Pământului —, din momentul în care Luna atinge umbra şi până e complet acoperită trec 50 de minute, deci aceste 50 de minute sunt o măsură a diametrului Lunii. Timpul în care Luna străbate întreaga umbră a Pământului este de 200 de minute, ceea ce reprezintă o măsură pentru diametrul Pământului. Prin urmare, diametrul Pământului este de aproximativ patru ori mai mare decât diametrul Lunii.

Era deci ușor pentru Eratostene să estimeze distanța până la Lună. O soluție ar fi să priviți Luna plină, să închideți un ochi și să întindeți brațul. Dacă încercați, veți vedea că puteți acoperi Luna cu unghia degetului mare. Figura 3 arată că unghia formează un triunghi cu ochiul. Luna formează un triunghi asemănător, de dimensiuni incomparabil mai mari, dar având proporții identice. Raportul dintre lungimea brațului și înălțimea unghiei, care e de aproximativ 1 : 100, trebuie să fie același cu raportul între distanța până la Lună și diametrul ei. Ceea ce înseamnă că distanța până la Lună e de aproximativ 100 de ori mai mare decât diametrul ei, adică 320 000 km.

Apoi, folosind o ipoteză a lui Anaxagoras din Clazomene și un raționament subtil al lui Aristarh din Samos, Eratostene putea calcula dimensiunea Soarelui și distanța până la el. Anaxagoras a fost un gânditor îndrăzneț din secolul al V-lea î.Cr., pentru care rostul vieții era „cercetarea Soarelui, a Lunii și a cerurilor". El credea că Soarele era o piatră albă și fierbinte, nu o divinitate, iar despre stele credea de asemenea că sunt pietre fierbinți, dar prea îndepărtate pentru a încălzi Pământul. Despre Lună spunea că e o piatră rece care nu emite lumină, iar strălucirea ei nu e decât reflectarea luminii Soarelui. În ciuda atmosferei intelectuale tot mai tolerante din Atena, unde trăia Anaxagoras, era riscant să afirmi că Soarele și Luna sunt pietre și nu zei, așa încât rivalii săi invidioși l-au acuzat de erezie și au organizat

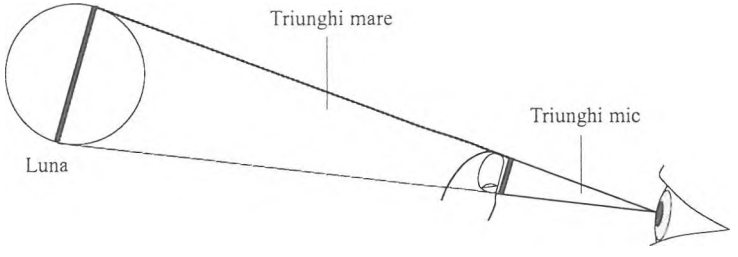


Figura 3 După ce ai estimat dimensiunea Lunii, e relativ simplu să afli distanța până la Lună. Întâi trebuie observat că poți acoperi suprafața Lunii cu unghia degetului mare, dacă întinzi brațul. Prin urmare, raportul dintre înălțimea unghiei și lungimea brațului este aproximativ egal cu raportul între diametrul Lunii și distanța până la ea. Lungimea brațului este de vreo sută de ori mai mare decât a unghiei, astfel că distanța până la Lună e de circa o sută de ori diametrul ei.

o campanie împotriva lui, în urma căreia Anaxagoras a fost exilat la Lampsacos, în Asia Mică. Atenienilor le plăcea să-şi împodobească oraşul cu idoli, ceea ce l-a făcut pe episcopul John Wilkins să observe cu ironie în 1638 că un om care a făcut din zei pietre a fost persecutat de nişte oameni care au făcut din pietre zei.

În secolul al III-lea î.Cr. Aristarh a preluat ideea lui Anaxagoras. Dacă strălucirea Lunii e reflectarea luminii Soarelui, spunea el, atunci Luna este pe jumătate luminată când Soarele, Luna şi Pământul formează un triunghi dreptunghic, după cum se vede în figura 4. Aristarh a măsurat unghiul dintre liniile care unesc Pământul cu Soarele şi Luna şi a folosit trigonometria pentru a afla raportul dintre distanţele Pământ–Lună şi Pământ–Soare. Unghiul măsurat de el era de 87°, ceea ce însemna că Soarele era de vreo 20 de ori mai departe decât Luna, iar din calculul nostru precedent cunoaştem deja distanţa până la Lună. În realitate, unghiul corect este de 89,85°, iar Soarele este de 400 de ori mai departe decât Luna, prin urmare Aristarh nu reuşise să determine prea precis unghiul. Dar, încă o dată, nu precizia intră în discuţie. Esenţial era că grecii găsiseră metoda corectă, iar instrumente de măsură mai perfecţionate urmau să-i apropie pe savanţi de rezultatul adevărat.

În fine, dimensiunea Soarelui poate fi uşor dedusă, fiindcă se ştie foarte bine că în timpul unei eclipse solare Luna acoperă aproape

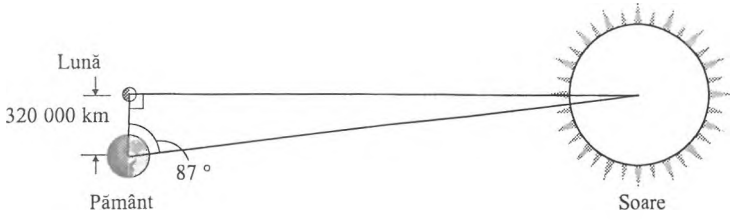


Figura 4 Aristarh susţinea că era posibil să estimezi distanţa până la Soare folosind faptul că Pământul, Luna şi Soarele formează un triunghi dreptunghic atunci când Luna se află la jumătatea fazei. Măsurând unghiul evidenţiat în desen, folosind noţiuni elementare de trigonometrie şi cunoscând distanţa Pământ–Lună, se poate determina distanţa Pământ–Soare.

perfect Soarele. Prin urmare, raportul dintre diametrul Soarelui şi distanţa până la Soare trebuie să fie cam acelaşi cu raportul dintre diametrul Lunii şi distanţa până la Lună, aşa cum se vede în figura 5. Cunoaştem deja diametrul Lunii şi distanţa până la ea, şi cunoaştem de asemenea distanţa Pământ–Soare, aşa încât diametrul Soarelui e uşor de calculat. Această metodă e identică celei ilustrate în figura 3, în care am folosit înălţimea unghiei pentru a măsura distanţa până la Lună, cu deosebirea că acum Luna ia locul unghiei ca obiect pentru care cunoaştem dimensiunea şi distanţa până la el.

Uimitoarele realizări ale lui Eratostene, Aristarh şi Anaxagoras ilustrează progresele pe care Grecia antică le-a făcut în gândirea ştiinţifică, pentru că rezultatele lor se întemeiau pe logică, matematică, observaţie şi măsurătoare. Dar merită oare grecii să fie consideraţi întemeietorii unici ai ştiinţei? La urma urmei, babilonienii au fost mari astronomi, au efectuat mii de observaţii amănunţite. Filozofii şi istoricii ştiinţei cad totuşi în general de acord asupra faptului că babilonienii nu au fost savanţi în toată puterea cuvântului, fiindcă se mulţumeau în continuare cu un univers condus de zei şi explicat de mituri. În orice caz, a pune laolaltă sute de măsurători şi a înşira la nesfârşit poziţii ale stelelor şi planetelor era un lucru banal în comparaţie cu ştiinţa veritabilă, al cărei ţel înalt este să explice asemenea observaţii înţelegând natura profundă a universului. După cum spunea matematicianul şi filozoful francez Henri Poincaré: „Ştiinţa se clădeşte cu fapte, aşa cum o casă se clădeşte cu pietre. Dar o colecţie de fapte nu e ştiinţă, la fel cum un morman de pietre nu e o casă."

Dacă babilonienii n-au fost primii proto-savanţi, atunci ce se poate spune despre egipteni? Marea piramidă a lui Keops e cu două mii de ani mai veche decât Partenonul, iar egiptenii erau fără îndoială mult mai avansaţi decât grecii în ce priveşte unităţile de măsură pentru greutate, substanţele cosmetice, cernelurile, încuietorile, lumânările şi multe alte invenţii. Dar toate acestea ţin de tehnică, nu de ştiinţă. Tehnica este o activitate practică, aşa cum se vede din exemplele egiptene pomenite aici, care sunt folosite în ritualuri funerare, comerţ, înfrumuseţare, scris, protecţie şi iluminat. Pe scurt, tehnica urmăreşte să facă viaţa (sau moartea) mai confortabilă, în timp ce ştiinţa e doar străduinţa de a înţelege lumea. Savanţii sunt călăuziţi de curiozitate, nu de confort sau utilitate.

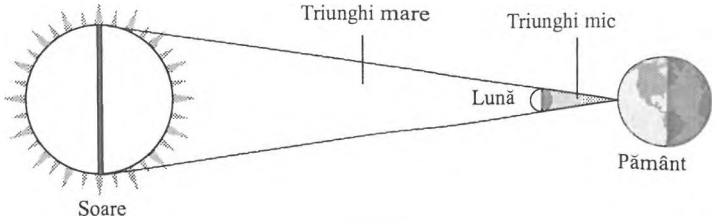


Figura 5 Dimensiunea Soarelui poate fi estimată odată ce cunoaştem distanţa până la el. O soluţie este să folosim eclipsa solară totală şi cunoaşterea diametrului Lunii şi a distanţei până la ea. Eclipsa totală de Soare e vizibilă, la un moment dat, doar pe o mică regiune din suprafaţa Pământului, pentru că, privit de pe Pământ, Soarele pare să aibă cam aceeaşi dimensiune ca Luna. Acest desen (în care scara nu e respectată) arată că punctul de pe Pământ în care e observată eclipsa este vârful a două triunghiuri asemenea. Primul triunghi se întinde până la Lună, al doilea până la Soare. Cunoscând distanţele până la Lună şi până la Soare, precum şi diametrul Lunii, se poate deduce diametrul Soarelui.

Deşi savanţii şi inginerii au scopuri diferite, ştiinţa şi tehnologia sunt deseori confundate, probabil pentru că descoperirile ştiinţifice duc de multe ori la progrese tehnologice. De pildă, savanţilor le-au trebuit decenii pentru a face descoperiri privind electricitatea, iar inginerii le-au folosit apoi pentru a inventa becuri şi multe alte dispozitive. În vremurile de odinioară însă, tehnologia se dezvolta fără contribuţia ştiinţei, aşa încât egiptenii puteau fi minunaţi ingineri fără să aibă idee de ştiinţă. Când făceau bere, îi interesau metodele tehnologice şi rezultatele, dar nu şi de ce şi cum se transformă o substanţă într-alta. Nu ştiau nimic despre mecanismele chimice şi biochimice pe care se întemeia procesul.

Egiptenii erau deci ingineri, nu savanţi, în vreme ce Eratostene şi tovarăşii săi erau savanţi, nu ingineri. Intenţiile savanţilor greci erau identice cu cele despre care avea să vorbească două mii de ani mai târziu Henri Poincaré:

> Omul de ştiinţă nu studiază natura pentru folosul pe care-l poate obţine de la ea; el o studiază fiindcă asta îl încântă, şi îl încântă fiindcă natura e frumoasă. Dacă natura n-ar fi frumoasă, n-ar merita să fie cunoscută, iar dacă natura n-ar merita să fie cunoscută, viaţa n-ar merita trăită.

> Desigur, eu nu vorbesc aici despre acea frumusețe care îți stârnește simțurile, frumusețea însușirilor și a aparențelor; departe de mine gândul de a subestima această frumusețe, dar ea n-are nici o legătură cu știința; eu mă refer la acea frumusețe mai profundă care provine din ordinea și armonia părților și pe care o inteligență pură o poate sesiza.

Pe scurt, grecii demonstraseră că determinarea diametrului Soarelui depindea de determinarea distanței până la el, care la rândul ei depindea de distanța până la Lună, care depindea de cunoașterea diametrului Lunii, care depindea de cunoașterea diametrului Pământului — iar aceasta a fost marea înfăptuire a lui Eratostene. Toți acești pași succesivi legați de cunoașterea distanțelor și diametrelor au fost posibili folosind un puț adânc vertical aflat lângă Tropicul Cancerului, umbra aruncată de Pământ asupra Lunii, faptul că Soarele, Pământul și Luna formează un unghi drept atunci când Luna se află la jumătatea fazei și observația că Luna acoperă perfect Soarele în timpul unei eclipse solare. Adăugați aici unele presupuneri, de pildă că Luna nu face decât să reflecte lumina Soarelui, și cadrul logicii științifice prinde contur. Această arhitectură a logicii științifice are o frumusețe intrinsecă ce vine din felul în care diverse raționamente se armonizează, mai multe măsurători se înlănțuie, iar diferite teorii sunt introduse pentru a da robustețe întregului edificiu.

Odată încheiată faza inițială a măsurătorilor, astronomii greci erau acum gata să examineze mișcările Soarelui, Lunii și planetelor. Erau pe cale să construiască un model dinamic al universului, în încercarea de a discerne influențele reciproce între diferite corpuri cerești. Era pasul următor către o înțelegere mai profundă a universului.

Cercuri în cercuri

Strămoșii noștri cei mai îndepărtați studiau cu atenție cerul fie pentru a prezice schimbări meteorologice, fie pentru a măsura timpul sau direcția. Priveau în fiecare zi Soarele care străbate cerul, iar în fiecare noapte procesiunea stelelor în urma lui. Pământul pe care stăteau era ferm și fix, așa încât era normal să presupună că în jurul Pământului se învârt corpurile cerești, și nu invers. Prin urmare, astronomii din Antichitate au ajuns la o perspectivă asupra lumii în care Pământul era un glob central, iar universul se rotea în jurul lui.

Tabelul 1

Măsurătorile lui Eratostene, Aristarh şi Anaxagoras nu erau precise, aşa încât tabelul corectează cifrele menţionate în text, prezentând valorile actuale pentru diferitele distanţe şi diametre.

Circumferinţa Pământului	40 100 km = 4,01 × 10^4 km
Diametrul Pământului	12 750 km = 1,275 × 10^4 km
Diametrul Lunii	3 480 km = 3,48 × 10^3 km
Diametrul Soarelui	1 390 000 km = 1,39 × 10^6 km
Distanţa Pământ–Lună	384 000 km = 3,84 × 10^5 km
Distanţa Pământ–Soare	150 000 000 km = 1,50 × 10^8 km

Acest tabel foloseşte şi pentru a introduce *notaţia exponenţială*, un mod de a nota numere foarte mari — iar în cosmologie există numere foarte, foarte mari:

10^1 înseamnă 10	= 10
10^2 înseamnă 10 × 10	= 100
10^3 înseamnă 10 × 10 × 10	= 1 000
10^4 înseamnă 10 × 10 × 10 × 10	= 10 000

etc.

Circumferinţa Pământului, de pildă, poate fi exprimată ca:
40 100 km = 4,01 × 10 000 km = 4,01 × 10^4 km.

Notaţia exponenţială este o excelentă cale de a scrie compact numere care altminteri ar fi pline de zerouri. 10^N reprezintă 1 urmat de N zerouri, aşa încât 10^3 este 1 urmat de trei zerouri, adică 1 000.

Notaţia exponenţială e folosită şi pentru numere foarte mici:

10^{-1} înseamnă 1 ÷ 10	= 0,1
10^{-2} înseamnă 1 ÷ (10 × 10)	= 0,01
10^{-3} înseamnă 1 ÷ (10 × 10 × 10)	= 0,001
10^{-4} înseamnă 1 ÷ (10 × 10 × 10 × 10)	= 0,0001

etc.

În realitate, desigur, Pământul se învârte în jurul Soarelui, şi nu invers, dar, până la Filolaos din Crotona, nimeni nu a luat în considerare această posibilitate. Elev al şcolii pitagoreice din secolul V î.Cr., el a fost primul care a sugerat că Pământul se învârte în jurul Soarelui. În secolul următor, Heraclit din Pont a preluat ideile lui Filolaos, în ciuda faptului că prietenii îl credeau nebun, poreclindu-l *paradoxolog*, „născocitor de paradoxuri". Ultimele retuşuri la această perspectivă au fost aduse de Aristarh, care s-a născut în 310 î.Cr., anul morţii lui Heraclit.

Deşi a contribuit la măsurarea distanţei Pământ–Soare, aceasta a fost o realizare minoră în comparaţie cu uimitor de corecta perspectivă asupra universului la care a ajuns. El a încercat să înlăture imaginea intuitivă (dar incorectă) a universului, în care Pământul se afla în centrul tuturor lucrurilor, aşa cum se vede în figura 6 (a). În imaginea mai puţin evidentă (dar corectă) a lui Aristarh, Pământul e izgonit din centru şi se află în jurul Soarelui dominant, după cum se vede în figura 6 (b). Aristarh avea de asemenea dreptate atunci când afirma că Pământul se roteşte în jurul axei sale la fiecare 24 de ore, ceea ce explica de ce în fiecare zi suntem îndreptaţi spre Soare, iar în fiecare noapte în direcţie contrară.

Aristarh era un filozof foarte respectat, iar ideile sale astronomice bine cunoscute. Convingerea sa că în centrul universului se află Soarele este consemnată de Arhimede care spune: „El a presupus că stelele fixe şi Soarele rămân nemişcate; că Pământul e purtat în jurul Soarelui pe circumferinţa unui cerc." Şi totuşi, filozofii au abandonat complet această perspectivă asupra sistemului solar, în linii mari corectă, iar ideea unei lumi în care Soarele se află în centru a dispărut pentru cincisprezece veacuri. Cunoaştem bine inteligenţa vechilor greci, atunci de ce au respins atât de pătrunzătoarea perspectivă a lui Aristarh, pentru a se agăţa de un univers având Pământul în centru?

Se prea poate ca atitudinile egocentrice să fi jucat un rol în dominaţia perspectivei geocentrice, dar mai sunt şi alte motive. Un neajuns esenţial al modelului heliocentric era că părea pur şi simplu ridicol. Părea absolut evident că Soarele se învârte în jurul unui Pământ static, şi nu invers. Pe scurt, un univers heliocentric era împotriva bunului-simţ. Dar adevăraţii savanţi nu trebuie să rămână prizonierii bunului-simţ, pentru că uneori el n-are nici o legătură cu adevărul ştiinţific. Albert Einstein condamna bunul-simţ socotindu-l „o colecţie de prejudecăţi dobândite pe la vârsta de optsprezece ani".

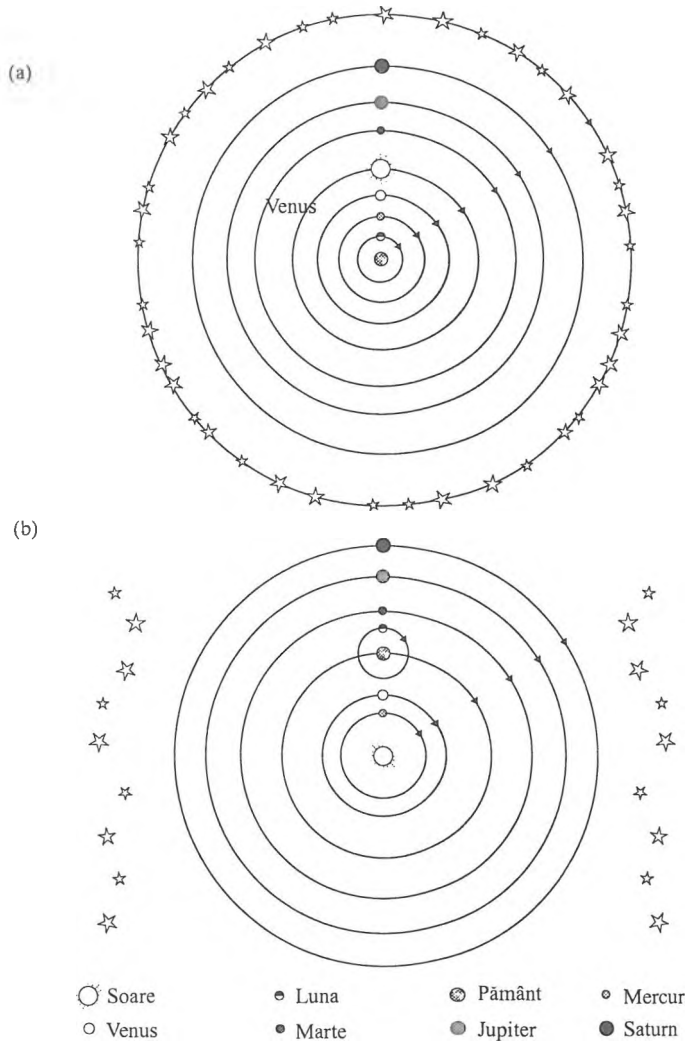


Figura 6 Desenul (a) prezintă modelul clasic (incorect), cu Pământul în centrul universului, iar Luna, Soarele şi celelalte planete, ba chiar şi stelele fixe se învârt în jurul Pământului. Desenul (b) prezintă perspectiva lui Aristarh asupra universului, în care doar Luna se învârte în jurul Pământului. În acest caz, stelele alcătuiesc fundalul static al universului.

Alt motiv pentru care grecii au respins sistemul solar al lui Aristarh a fost că părea să nu treacă testul examenului ştiinţific. Aristarh construise un model al universului care trebuia să se potrivească realităţii, dar nu era limpede dacă modelul chiar se potrivea. Se învârtea într-adevăr Pământul în jurul Soarelui? Criticii indicau trei aparente erori ale modelului heliocentric al lui Aristarh.

În primul rând, grecii se aşteptau ca, dacă Pământul se învârte în jurul Soarelui, să bată un vânt constant, apoi Pământul să ne fugă de sub picioare, iar noi să fim azvârliţi. Dar un asemenea vânt nu se simţea şi nici solul n-o lua din loc, aşa încât grecii au tras concluzia că Pământul trebuia să fie nemişcat. Desigur, Pământul se mişcă, iar motivul pentru care nu ne dăm seama de fantastica viteză cu care ne mişcăm prin spaţiu este că toate lucrurile de pe Pământ se mişcă odată cu el, inclusiv noi, atmosfera şi solul. Grecii nu şi-au dat seama de asta.

A doua problemă delicată era că un Pământ aflat în mişcare era incompatibil cu felul în care înţelegeau grecii gravitaţia. După cum am spus mai sus, perspectiva tradiţională era că totul tinde să se mişte spre centrul universului, iar Pământul era deja în centru, deci nu se mişca. Această teorie părea perfect rezonabilă, pentru că explica de ce merele cad din pomi şi se îndreaptă spre centrul Pământului prin faptul că sunt atrase către centrul universului. Dar dacă Soarele s-ar afla în centrul universului, de ce ar cădea obiectele spre Pământ? Ar trebui ca merele să nu cadă din copaci, ci să fie atrase către Soare — de fapt, toate lucrurile de pe Pământ ar trebui să cadă spre Soare. În zilele noastre am ajuns la o înţelegere mai bună a gravitaţiei, iar modelul heliocentric ni se pare rezonabil. Teoria modernă a gravitaţiei spune că obiectele apropiate de Pământ sunt atrase spre Pământ, în schimb planetele sunt ţinute pe orbită de atracţia mult mai masivului Soare. Dar, din nou, explicaţia se afla în afara cadrului ştiinţific limitat al grecilor.

Al treilea motiv pentru care filozofii au respins universul heliocentric al lui Aristarh era aparenta absenţă a vreunei modificări în poziţia stelelor. Dacă Pământul ar străbate distanţe uriaşe în jurul Soarelui, ar trebui să vedem universul din diferite poziţii în cursul anului. Schimbându-se punctul nostru de observaţie, şi perspectiva asupra universului ar trebui să se schimbe, iar stelele ar trebui să se mişte unele în raport cu altele, ceea ce se numeşte *paralaxă stelară*. Puteţi înţelege ce înseamnă paralaxa ţinând un deget în aer, la câţiva centimetri de faţă. Închideţi ochiul stâng şi folosiţi ochiul drept pentru a vă alinia degetul cu un obiect din apropiere, de pildă rama ferestrei. Apoi

închideți ochiul drept și deschideți ochiul stâng — veți constata că degetul s-a deplasat spre dreapta în raport cu rama ferestrei. Închideți și deschideți repede ochii alternativ, iar degetul va sări dintr-o parte într-alta. Deci, schimbând punctul de observare de la un ochi la altul, o distanță de câțiva centimetri, poziția aparentă a degetului se modifică în raport cu un alt obiect. Figura 7 (a) ilustrează fenomenul.

Distanța de la Pământ la Soare este de 150 de milioane de kilometri, deci, dacă Pământul s-ar roti în jurul Soarelui, s-ar afla, după șase luni, la 300 de milioane de kilometri de poziția inițială. Grecii n-au observat nici o modificare în pozițiile relative ale stelelor în decursul anului, în ciuda deplasării enorme a punctului de observare, presupunând că ne-am învârti în jurul Soarelui. Încă o dată, dovezile păreau să indice că Pământul nu se mișcă și că se află în centrul universului. Pământul, evident, se învârte în jurul Soarelui, iar paralaxa stelară există, numai că era imperceptibilă pentru greci, fiindcă stelele se află la distanță foarte mare. Puteți vedea cum distanța reduce efectul de paralaxă repetând experiența în care închideți și deschideți ochii alternativ, întinzând de data asta brațul, așa încât degetul să fie la o distanță de aproape un metru. Folosiți din nou ochiul drept pentru a vă alinia degetul cu rama ferestrei. Acum, când veți închide ochiul drept și veți deschide ochiul stâng, deplasarea va fi mult mai mică pentru că degetul e mai departe, după cum se vede în figura 7 (b). Pe scurt, Pământul se mișcă, dar paralaxa scade rapid cu distanța, iar stele sunt la foarte mare distanță, ceea ce face ca paralaxa stelară să nu poată fi detectată cu instrumente primitive.

La acea epocă, dovezile împotriva modelului heliocentric al lui Aristarh păreau copleșitoare, așa încât e de înțeles de ce toți prietenii lui filozofi au rămas loiali modelului geocentric. Modelul lor era perfect rezonabil, rațional și necontradictoriu. Erau mulțumiți de perspectiva lor asupra universului și asupra locului lor în univers. Și totuși rămânea o problemă delicată. Desigur, Soarele, Luna și stelele păreau să mărșăluiască ascultătoare în jurul Pământului, dar existau cinci corpuri cerești care hoinăreau pe boltă într-o manieră cam ciudată. Din când în când, unele îndrăzneau chiar să se oprească pentru o clipă, făcând stânga-mprejur și reluându-și temporar mișcarea în sens invers — fenomen cunoscut sub numele de *mișcare retrogradă*. Acești vagabonzi rebeli erau celelalte planete cunoscute: Mercur, Venus, Marte, Jupiter și Saturn. Într-adevăr, cuvântul „planetă" vine de la grecescul

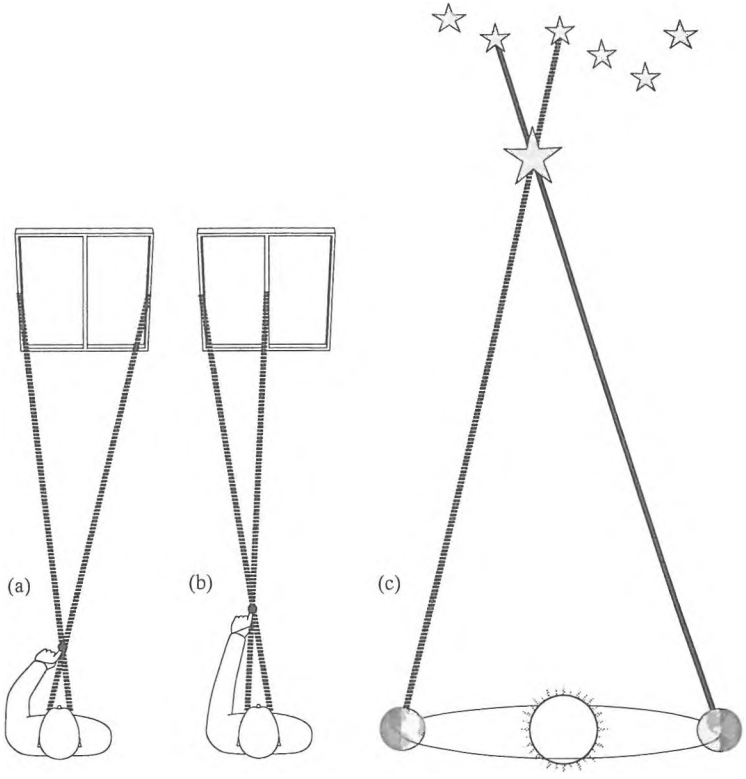


Figura 7 Paralaxa este aparenta deplasare a poziției unui obiect datorată schimbării punctului de observație. În desenul (a) se vede cum un deget aliniat cu rama din stânga ferestrei, atunci când e privit cu ochiul drept, se deplasează când e privit cu celălalt ochi. Desenul (b) arată că deplasarea provocată de observarea alternativă cu cei doi ochi e semnificativ redusă dacă degetul se află la distanță mai mare. Prin rotația Pământului în jurul Soarelui, punctul nostru de observare se schimbă, așa încât, dacă vizăm o stea, atunci ea trebuie să se deplaseze în raport cu stelele mai îndepărtate în cursul unui an. Desenul (c) prezintă steaua vizată aliniată în raport cu două stele diferite din fundal, în funcție de poziția Pământului. Dacă însă desenul (c) ar fi la scara corectă, atunci stelele s-ar afla la mai mult de un kilometru de pagină! Prin urmare, deplasarea ar fi minusculă și imposibil de sesizat pentru grecii antici. Grecii credeau că stelele sunt mult mai aproape, deci absența deplasării conducea către un Pământ static.

planetes, care înseamnă „călător". În mod similar, cuvântul babilonian pentru planetă era *bibbu*, literal „oaie sălbatică" — fiindcă planetele păreau să rătăcească pretutindeni. Şi egiptenii antici numeau planeta Marte *sekded-ef em khetkhet*, care înseamnă „cel care merge de-a-ndăratelea".

Din perspectiva noastră modernă conform căreia Pământul se învârte în jurul Soarelui, e lesne de înţeles comportamentul acestor vagabonzi cereşti. În realitate, planetele se rotesc în jurul Soarelui în mod regulat, dar noi le privim de pe o platformă aflată în mişcare, Pământul, ceea ce face ca mişcarea lor să ne pară neregulată. În particular, mişcările retrograde ale lui Marte, Saturn şi Jupiter pot fi uşor explicate. Figura 8 (a) prezintă un sistem solar simplificat, conţinând doar Soarele, Pământul şi Marte. Pământul se roteşte în jurul Soarelui mai repede decât Marte, iar, atunci când ajungem din urmă această planetă şi o depăşim, distanţa până la ea scade şi apoi creşte. Dar, din vechea perspectivă geocentrică, în care noi ne aflăm în centrul universului şi totul se învârte în jurul nostru, orbita lui Marte era un mister. Părea că Marte făcea bucle ciudate în jurul Pământului, după cum se vede în figura 8 (b). Saturn şi Jupiter prezentau mişcări retrograde similare, pe care grecii le asociau de asemenea unor orbite cu bucle.

Aceste orbite planetare cu bucle erau o mare problemă pentru grecii antici, din moment ce se presupunea că toate orbitele ar trebui să fie circulare, după spusele lui Platon şi ale discipolului său Aristotel. Ei afirmau că cercul, prin simplitate, frumuseţe, absenţa unui început şi a unui sfârşit, reprezenta forma desăvârşită, iar, fiindcă cerurile erau tărâmul perfecţiunii, corpurile cereşti trebuiau să se mişte în cerc. Mai mulţi astronomi şi matematicieni au studiat problema şi, după câteva secole, au găsit o soluţie ingenioasă — o cale de a descrie orbitele cu bucle ale planetelor ca pe nişte combinaţii de cercuri, supunându-se astfel edictului dat de Platon şi Aristotel. Soluţia a fost asociată cu numele lui Ptolemeu, un astronom care a trăit în secolul al II-lea d.Cr.

Perspectiva lui Ptolemeu asupra lumii pornea de la presupunerea larg răspândită că Pământul se află în centrul universului şi e nemişcat, altminteri „toate animalele şi toate corpurile separate ar fi lăsate în urmă plutind în aer". În continuare, el explica orbitele Soarelui şi Lunii cu ajutorul unor cercuri simple. Apoi, pentru a explica mişcările retrograde, a elaborat teoria cercurilor înăuntrul cercurilor, aşa cum se vede în figura 9. Pentru a genera o traiectorie cu mişcări retrograde periodice, ca aceea urmată de Marte, Ptolemeu a început cu un singur cerc (numit *deferent*) şi cu o tijă ce putea pivota, având axul pe cerc. Planeta

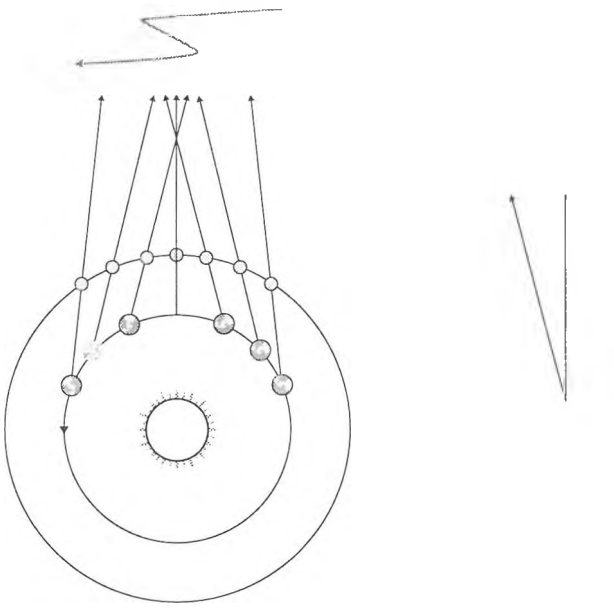


Figura 8 Planete precum Marte, Jupiter şi Saturn, privite de pe Pământ, prezintă aşa-numita mişcare retrogradă. Desenul (a) înfăţişează un sistem solar simplificat, doar cu Pământul şi Marte rotindu-se (în sens invers acelor de ceasornic) în jurul Soarelui. Din poziţia 1 vedem cum Marte se apropie de noi, iar apropierea continuă când observăm planeta din poziţia 2. Dar, în poziţia 3 Marte se opreşte, iar începând cu poziţia 4 începe să se deplaseze spre dreapta până când Pământul ajunge în poziţia 5. Aici se mai opreşte o dată, pentru a reveni apoi la direcţia iniţială de deplasare, aşa cum se vede în poziţiile 6 şi 7. Desigur, Marte se roteşte continuu în sens invers acelor de ceasornic în jurul Soarelui, dar nouă ne apare deplasându-se în zigzag din cauza mişcărilor relative ale Pământului şi planetei Marte. Mişcarea retrogradă poate fi perfect explicată într-un model heliocentric al universului.

Desenul (b) prezintă felul în care percepeau orbita lui Marte adepţii modelului geocentric. Zigzagurile lui Marte erau interpretate ca o orbită cu bucle. Cu alte cuvinte, tradiţionaliştii credeau că Pământul static se află în centrul universului, iar Marte face bucle în jurul Pământului.

se află la celălalt capăt al tijei. Dacă cercul deferent principal rămâne fix, iar tija se rotește în jurul axului, atunci planeta urmează o traiectorie circulară cu o rază mică (numită *epiciclu*), așa cum se vede în figura 9 (a). Dacă, dimpotrivă, cercul principal deferent se rotește, iar tija rămâne fixă, atunci planeta urmează o traiectorie circulară cu rază mare, așa cum se vede în figura 9 (b). Dar, dacă tija se rotește în jurul axului și în același timp axul se rotește pe cercul mare deferent, atunci traiectoria planetei e suprapunerea mișcării sale de-a lungul celor două cercuri, imitând astfel o buclă retrogradă, așa cum se vede în figura 9 (c).

Deși prezentarea noastră folosind cercuri și axe surprinde ideea de bază a modelului lui Ptolemeu, în realitate lucrurile sunt mult mai complicate. În primul rând, Ptolemeu și-a imaginat modelul în trei dimensiuni și l-a construit din sfere de cristal, dar, pentru simplitate, ne vom continua raționamentele cu cercuri bidimensionale. Apoi, pentru a descrie precis traiectoriile retrograde ale diferitelor planete, Ptolemeu a trebuit să regleze fin raza deferentului și pe cea a epiciclului pentru fiecare planetă în parte și să aleagă viteza cu care se rotește fiecare. Pentru o și mai mare precizie a introdus alte două elemente variabile. *Excentricul* definea un punct din Pământ, care acționa ca un centru ușor deplasat pentru cercul deferent, iar *ecuantul* definea un alt punct în apropierea Pământului, a cărui influență se traducea prin viteza variabilă a planetei. E greu de imaginat această explicație extrem de complicată a orbitelor planetare, dar în esență nu era vorba decât de cercuri, în cercuri, în cercuri...

Cea mai bună analogie pentru modelul ptolemeic al universului poate fi găsită la bâlci. Luna urmează un drum simplu, în genul căluțeilor ficși care se învârt. Drumul lui Marte însă e un dans complicat, asemănător acelor cabine care se rotesc în jurul unui ax, iar axul e legat de un ax central printr-un braț lung rotitor. Uneori cele două mișcări se combină dând naștere unei viteze sporite de înaintare, alteori cabina se rotește în sens contrar mișcării brațului, iar viteza scade, ba chiar și sensul mișcării e inversat. În termeni ptolemeici, cabina se învârte în jurul epiciclului, iar brațul lung parcurge deferentul.

Modelul ptolemeic geocentric al universului a fost elaborat pentru a corespunde credinței că totul se învârte în jurul Pământului și credinței că toate obiectele cerești urmează drumuri circulare. Rezultatul

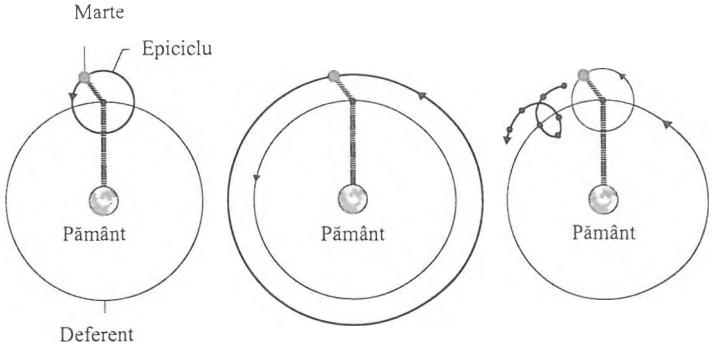


Figura 9 Modelul ptolemeic al universului explica orbitele cu bucle ale planetelor precum Marte folosind combinații de cercuri. Desenul (a) prezintă cercul principal, numit deferent, și tija care pivotează, având la celălalt capăt planeta. Dacă deferentul nu se rotește, dar tija se rotește, atunci planeta urmează cercul mic descris de capătul tijei, numit epiciclu.

Desenul (b) arată ce se întâmplă dacă tija rămâne fixă, iar deferentul se rotește.

Desenul (c) prezintă ce se întâmplă dacă se rotesc atât tija în jurul axului, cât și axul tijei împreună cu deferentul. De data asta, epiciclul se suprapune peste deferent, iar orbita planetei e o combinație a celor două traiectorii circulare, rezultatul fiind orbita retrogradă cu bucle asociată unei planete cum ar fi Marte. Razele deferentului și epiciclului pot fi ajustate, iar ambele viteze de rotație pot fi reglate așa încât să imite traiectoria oricărei planete.

a fost un model înfiorător de complicat, plin de epicicluri îngrămădite peste deferenți, ecuanți și excentrici. În *Lunaticii*, istoria începuturilor astronomiei scrisă de Arthur Koestler, despre modelul ptolemeic se spune că e „produsul unei filozofii obosite și al unei științe decadente". Dar, în ciuda faptului că e fundamental greșit, modelul ptolemeic satisfăcea una dintre cerințele esențiale ale unui model științific: prezicea poziția și mișcarea fiecărei planete cu o precizie mai mare decât oricare model dinaintea lui. Nici măcar modelul heliocentric al universului, propus de Artistarh, care era principial corect, nu putea prezice mișcarea planetelor cu atâta precizie. Așa încât, una peste alta, nu e surprinzător că modelul lui Ptolemeu a supraviețuit, în timp ce modelul lui Aristarh a dispărut. Tabelul 2 rezumă punctele tari și punctele slabe

ale celor două modele, așa cum erau ele înțelese de grecii antici, și demonstrează aparenta superioritate a modelului geocentric.

Modelul geocentric al lui Ptolemeu a fost consacrat în cartea sa *Hè megalè syntaxis* (*Marea construcție*), scrisă pe la 150 d.Cr., și a fost secole de-a rândul referința cea mai înaltă în astronomie. De fapt, fiecare astronom din mileniul ce avea să urmeze a fost influențat de *Syntaxis*, iar nici unul dintre ei nu a pus serios în discuție imaginea geocentrică a universului. *Syntaxis* s-a răspândit încă și mai mult în 827, când a fost tradusă în arabă și rebotezată *Almagest* (*Cea mai mare*). Astfel, în timpul somnului scolastic din Evul Mediu european, ideile lui Ptolemeu au fost ținute în viață și studiate de marii savanți arabi din Orientul Mijlociu. În perioada de aur a imperiului islamic, astronomii arabi au inventat numeroase instrumente astronomice, au efectuat observații cerești importante și au construit câteva mari observatoare, cum ar fi observatorul al-Shammasiyyah din Bagdad, dar nu s-au îndoit niciodată de universul geocentric al lui Ptolemeu, cu orbitele sale planetare definite de cercuri, în cercuri, în cercuri.

Pe măsură ce Europa începea în sfârșit să se trezească din somnul ei intelectual, cunoștințele grecilor erau exportate înapoi spre Vest prin orașul maur Toledo din Spania, unde se găsea o splendidă bibliotecă islamică. Când orașul a fost cucerit din mâinile maurilor de regele Spaniei Alfonso al VI-lea în 1085, savanții din întreaga Europă au avut pentru prima dată acces la unul dintre marile tezaure de cunoaștere. Cele mai multe din cărțile bibliotecii erau scrise în arabă, așa încât înainte de toate trebuia înființat un birou de traduceri la scară industrială. Majoritatea traducătorilor se foloseau de un intermediar pentru a traduce din arabă în spaniola lor maternă, iar apoi ei traduceau în latină, însă unul dintre cei mai prolifici și străluciți traducători a fost Gerard din Cremona, care învățase araba, deci putea ajunge la o interpretare mai directă și mai exactă. Venise la Toledo atras de zvonurile că la biblioteca de aici se găsea capodopera lui Ptolemeu, iar între cele șaptezeci și șase de cărți pe care le-a tradus din arabă în latină *Almagest* a fost realizarea lui de căpătâi.

Mulțumită străduaniilor lui Gerard și ale altor traducători, cărturarii europeni puteau face din nou cunoștință cu scrierile din trecut, iar cercetarea astronomică din Europa a fost trezită din nou la viață. Dar, paradoxal, progresul a fost înăbușit din pricina prea marelui respect purtat vechilor greci, ale căror opere nimeni nu îndrăznea să le

pună sub semnul întrebării. Se presupunea că învățații clasici stăpâniseră tot ce putea fi vreodată înțeles, așa încât cărți precum *Almagest* erau luate ca literă de Evanghelie — în ciuda faptului că anticii comiseseră erori grosolane greu de imaginat. Bunăoară, scrierile lui Aristotel erau considerate sacre, chiar dacă afirmase că bărbații au mai mulți dinți decât femeile, generalizare întemeiată pe observația că armăsarii au mai mulți dinți decât iepele. Deși de două ori căsătorit, Aristotel pare să nu-și fi dat niciodată osteneala să se uite în gura vreuneia dintre neveste. Chiar dacă a fost un logician strălucit, conceptele de observație și experiment i-au scăpat. Ironia face ca savanții să fi așteptat secole de-a rândul pentru a redobândi înțelepciunea anticilor — iar apoi au trebuit să treacă alte secole pentru a se descotorosi de toate greșelile lor. Într-adevăr, după ce Gerard a tradus *Almagest* în 1175, modelul geocentric al lui Ptolemeu a continuat să supraviețuiască intact încă patru sute de ani.

Între timp, câteva critici mărunte au apărut totuși din partea unor figuri cum ar fi Alfonso al X-lea, regele Castiliei și al Leonului (1221–1284). După ce și-a stabilit capitala la Toledo, i-a însărcinat pe astronomii lui să alcătuiască ceea ce avea să fie cunoscut drept *Tabelele Alfonsine* ale mișcării planetare, bazate în parte pe propriile lor observații și în parte pe tabele arabe traduse. Deși mare protector al astronomiei, Alfonso n-a fost deloc impresionat de sistemul încâlcit al lui Ptolemeu, cu deferente, epicicluri, ecuanți și excentrici: „Dacă Domnul Atotputernic m-ar fi întrebat pe mine înainte să purceadă la Creație, eu unul i-aș fi recomandat ceva mai simplu."

Apoi, în secolul al XIV-lea, Nicole d'Oresme, confesorul regelui Carol al V-lea al Franței, a afirmat deschis că demonstrația în favoarea modelului geocentric nu era completă, dar nu a mers atât de departe încât să spună că modelul e greșit. În secolul al XV-lea, cardinalul german Nicolaus de Cusa a sugerat că Pământul nu e centrul universului, dar s-a oprit înainte de a afirma că tronul rămas liber trebuia ocupat de Soare.

Lumea a trebuit să aștepte abia până în secolul al XVI-lea ca un astronom să aibă curajul de a orândui altfel universul și de a sfida cosmologia vechilor greci. Omul care a reinventat în cele din urmă universul heliocentric al lui Aristarh s-a chemat Mikolaj Kopernik, dar e mai bine cunoscut sub numele latinizat de Nicolaus Copernicus.

Tabelul 2

Acest tabel prezintă diferitele criterii conform cărora modelul geocentric şi cel heliocentric puteau fi judecate, pe baza cunoştinţelor din mileniul I d.Cr. Plusurile şi minusurile reprezintă indicaţii asupra felului în care cele două teorii răspundeau la şapte criterii, iar semnele de întrebare corespund fie absenţei datelor, fie unui

Criteriu	Modelul geocentric	Succes
1. Bunul-simţ	Pare evident că totul se învârte în jurul Pământului	+
2. Perceperea mişcării	Nu detectăm vreo mişcare, deci Pământul nu se mişcă	+
3. Căderea corpurilor	Poziţia centrală a Pământului explică de ce obiectele cad în jos — obiectele sunt atrase către centrul universului	+
4. Paralaxa stelară	Paralaxa stelară nu e detectată, ceea ce e compatibil cu un Pământ static şi un observator aflat în repaus	+
5. Predicţia orbitelor planetare	Foarte bună concordanţă — cea mai bună la acea dată	+
6. Mişcarea retrogradă a planetelor	Explicată cu epicicluri şi deferenţi	+
7. Simplitate	Foarte complicat — epicicluri, deferenţi, ecuanţi şi excentrici	–

amestec de potrivire şi nepotrivire. Din perspectiva anticilor, modelul heliocentric era superior rivalului său doar într-o singură privinţă (simplitatea), deşi azi ştim că era mai aproape de realitate.

Criteriu	Modelul heliocentric	Succes
1. Bunul-simţ	Imaginaţia şi logica sunt supuse la grea încercare dacă îţi închipui că Pământul s-ar putea învârti în jurul Soarelui	–
2. Perceperea mişcării	Nu detectăm vreo mişcare, ceea ce nu e uşor de explicat dacă Pământul se deplasează	–
3. Căderea corpurilor	Dacă Pământul nu are o poziţie centrală, nu există o explicaţie clară pentru căderea obiectelor	–
4. Paralaxa stelară	Pământul se mişcă, deci absenţa paralaxei stelare trebuie să se datoreze uriaşelor distanţe până la stele; se poate spera ca paralaxa să fie detectată cu instrumente mai bune	?
5. Predicţia orbitelor planetare	Concordanţă bună, dar nu atât de bună ca în modelul geocentric	?
6. Mişcarea retrogradă a planetelor	Consecinţă directă a mişcării Pământului şi a schimbării poziţiei de observare	+
7. Simplitate	Foarte simplu — toate corpurile urmează traiectorii circulare	+

Revoluția

Născut în 1473 într-o prosperă familie din Torun, pe malul Vistulei, în Polonia de azi, Copernic a fost hirotonit la catedrala din Frauenburg, în mare măsură grație influenței unchiului său Lucas, episcop de Ermland. După ce studiase dreptul și medicina în Italia, principalele lui îndatoriri erau cele de doctor și secretar al lui Lucas. Nu erau sarcini care să-i răpească prea mult timp, iar în orele rămase Copernic era liber să încerce tot felul de îndeletniciri. A devenit expert în economie și a dat sfaturi privind reforma monetară, ba chiar și-a publicat propriile traduceri în latină din obscurul poet grec Theophylactus Simocattes.

Dar marea pasiune a lui Copernic era astronomia, care îl preocupase de când, student fiind, își cumpărase un exemplar din *Tabelele Alfonsine*. Acest astronom amator va fi din ce în ce mai pasionat de studiul mișcării planetelor, iar ideile sale îl vor face până la urmă să devină una dintre cele mai importante figuri din istoria științei.

Toate cercetările astronomice ale lui Copernic sunt cuprinse, în mod surprinzător, doar într-o operă și jumătate. Și mai surprinzător, aceste 1 și ½ lucrări n-au prea fost citite în timpul vieții lui. Aici, ½ desemnează prima sa operă, *Commentariolus* (*Micul cometariu*); rămasă în manuscris, nu a fost publicată și a circulat într-un cerc restrâns pe la 1514. Și totuși, în doar douăzeci de pagini, a zguduit cosmosul cu cea mai îndrăzneață idee apărută în astronomie de mai bine de o mie de ani. Esența lucrării sale se găsea în șapte axiome pe care își întemeia perspectiva asupra universului:

1. Corpurile cerești nu au un centru comun.
2. Centrul Pământului nu e centrul universului.
3. Centrul universului e în apropierea Soarelui.
4. Distanța de la Pământ la Soare e insignifiantă în raport cu distanța până la stele.
5. Mișcarea diurnă aparentă a stelelor e rezultatul rotației Pământului în jurul propriei axe.
6. Șirul mișcărilor anuale aparente ale Soarelui e rezultatul revoluției Pământului în jurul său. Toate planetele se rotesc în jurul Soarelui.
7. Mișcarea retrogradă aparentă a unor planete e doar rezultatul poziției noastre de observatori care se mișcă odată cu Pământul.

Axiomele lui Copernic erau corecte în toate privințele. Pământul se învârte într-adevăr în jurul propriei axe, Pământul și celelalte planete se rotesc într-adevăr în jurul Soarelui, aceasta explicând orbitele pla-

netare retrograde, iar neputința de a observa vreo paralaxă stelară se datora într-adevăr distanței mari până la stele. Nu e limpede ce l-a îndemnat pe Copernic să formuleze aceste axiome și să se rupă de perspectiva tradițională asupra lumii, dar poate că a fost influențat de Domenico Maria de Novara, unul din profesorii pe care i-a avut în Italia. Novara era un adept al tradiției pitagoreice, pe care se întemeiase gândirea lui Aristarh, iar Aristarh propusese pentru prima dată, cu 1700 de ani în urmă, modelul heliocentric.

Commentariolus era manifestul unei revolte astronomice, expresia frustrărilor și dezamăgirilor pe care i le trezea lui Copernic inestetica încâlceală a vechiului model ptolemeic. Mai târziu avea să condamne acel gen de soluții ad-hoc ale modelului geocentric: „Era ca și cum un artist ar fi adunat pentru imaginile sale mâini, picioare, un cap și tot felul de alte membre de la diferite modele, fiecare în parte minunat desenat, dar fără să aparțină unui trup unic, iar fiindcă nu se potriveau între ele în nici un chip rezultatul era un monstru, și nu un om." În ciuda conținutului său radical, lucrarea n-a avut ecou în rândul învățaților europeni, fie pentru că puțini o citiseră, fie pentru că autorul era un neînsemnat preot de la marginea Europei.

Copernic nu s-a simțit descurajat — era abia începutul strădaniei sale de a transforma astronomia. După ce unchiul său Lucas a murit în 1512 (otrăvit pesemne de cavalerii teutoni care îl vedeau ca pe un „diavol cu chip de om"), avea și mai mult timp pentru a-și urma cercetările. S-a mutat la castelul Frauenburg, și-a amenajat un mic observator și s-a dedicat îmbogățirii argumentației sale, adăugând toate detaliile matematice care lipseau din *Commentariolus*.

Copernic și-a petrecut următorii treizeci de ani rescriind *Commentariolus*, dezvoltându-l într-un manuscris impresionant de două sute de pagini. În cursul îndelungatei sale perioade de studiu, a petrecut mult timp întrebându-se cum vor reacționa ceilalți astronomi la modelul lui aflat în dezacord flagrant cu punctul de vedere general acceptat. Nu de puține ori s-a gândit chiar să renunțe la planul de a-și publica lucrarea, de teamă că toată lumea își va bate joc de el. Mai mult, bănuia că teologii s-ar dovedi intoleranți față de ceea ce ar constitui pentru ei o speculație științifică blasfematoare.

Și avea perfectă dreptate să fie îngrijorat. Biserica își va demonstra mai târziu intoleranța persecutându-l pe filozoful italian Giordano Bruno care făcea parte din generația nonconformistă ce l-a urmat pe

Copernic. Inchiziția l-a acuzat pe Bruno de opt erezii, dar în mărturiile rămase ele nu sunt menționate. Istoricii cred că Bruno jignise probabil Biserica scriind *Despre infinit, univers și lumi*,* în care susținea că universul e infinit, stelele au propriile lor planete, iar viața înflorește pe aceste planete. Când a fost condamnat la moarte pentru vinile sale a spus: „Poate că voi, cei care pronunțați sentința, vă temeți mai mult decât mine." Pe 17 februarie 1600 a fost dus la Roma, pe Campo dei Fiori, dezbrăcat în pielea goală, i s-a pus căluşul în gură, a fost legat de rug și ars de viu.

Teama lui Copernic de persecuție s-ar fi putut adeveri, iar cercetările sale ar fi ajuns astfel la un sfârșit prematur, dar din fericire a intervenit un tânăr învățat german din Wittenberg. În 1539, Georg Joachim von Lauchen, cunoscut sub numele de Rheticus, a venit la Frauenburg să-l întâlnească pe Copernic și să afle mai multe despre modelul său cosmologic. Era un gest curajos nu numai pentru că tânărul cărturar luteran risca să nu fie primit cu brațele deschise în catolicul Frauenburg, dar și pentru că nici măcar propriii lui colegi nu priveau cu ochi buni o asemenea călătorie. Această stare de spirit apare în însemnările lui Martin Luther legate de o discuție avută în timpul mesei despre Copernic: „Se tot vorbește despre un nou astronom care vrea să demonstreze că Pământul e cel ce se mișcă și se rotește, iar nu cerul, Soarele și Luna, ca și cum cineva aflat într-o trăsură sau pe o corabie ar spune că el stă nemișcat, iar pământul și copacii o iau din loc. [...] Nebunul ăsta vrea să răstoarne toată astronomia cu susul în jos."

Luther l-a numit pe Copernic „un nebun care neagă Sfânta Scriptură", dar Rheticus împărtășea convingerea fermă a lui Copernic că drumul spre adevărul ceresc trece prin știință, nu prin Sfânta Scriptură. Bătrânul Copernic, în vârstă de șaizeci și șase de ani, a fost măgulit de atenția pe care i-o acorda tânărul Rheticus, de douzeci și cinci de ani, care a petrecut trei ani la Frauenburg citind manuscrisul lui Copernic, discutând cu el și dându-i încredere.

Pe la 1541, talentele diplomatice și astronomice ale lui Rheticus l-au convins pe Copernic să-i îngăduie să ducă manuscrisul la tipografia lui Johannes Petreius din Nürnberg spre publicare. Rheticus

---

* Traducerea românească a apărut în Giordano Bruno, *Opere italiene III*, Editura Humanitas, 2003. (*N. t.*)

plănuia să rămână pentru a supraveghea întreaga operație de tipărire, dar a fost chemat de urgență la Leipzig, așa încât i-a încredințat responsabilitatea supravegherii unui cleric pe nume Andreas Osiander. În cele din urmă, în primăvara lui 1543, *De revolutionibus orbium coelestium* (*Despre revoluțiile sferelor cerești*) a fost publicată, iar câteva sute de exemplare au pornit spre Copernic.

Între timp, Copernic suferise o hemoragie cerebrală la sfârșitul lui 1542 și rămăsese la pat, luptându-se să trăiască pentru a vedea cu ochii lui cartea ce conținea munca sa de-o viață. Exemplarele tratatului au ajuns în ultimul moment. Prietenul său, preotul Giese, i-a scris lui Rheticus o scrisoare pentru a-i aduce la cunoștință sfârșitul lui Copernic: „Vreme de mai multe zile și-a pierdut cu totul memoria și vigoarea minții; și-a văzut lucrarea încheiată doar în ultima clipă, chiar în ziua în care a murit."

Copernic își încheiase misiunea. Cartea sa oferea lumii argumente convingătoare în favoarea modelului heliocentric al lui Aristarh. *De revolutionibus* era un tratat formidabil, dar înainte de a vorbi despre conținut e important să lămurim două aspecte stranii legate de publicarea lui. Primul se referă la lista incompletă a celor cărora Copernic le adresa mulțumiri. Introducerea la *De revolutionibus* menționează câteva persoane, cum ar fi papa Paul al III-lea, cardinalul de Capua și episcopul de Kulm, dar nu e pomenit Rheticus, cel care a jucat un rol esențial în nașterea modelului copernican. Istoricii sunt nedumeriți de omiterea numelui său și pot doar lansa ipoteza că omagiul adus unui protestant n-ar fi fost bine văzut de ierarhia catolică pe care Copernic încerca să și-o apropie. Ca urmare a acestei omisiuni, Rheticus s-a simțit jignit și, după publicare, n-a mai vrut să aibă de-a face cu *De revolutionibus*.

Al doilea mister se leagă de prefața la *De revolutionibus*, care a fost inclusă în carte fără consimțământul lui Copernic și în care se retractează esența teoriei sale. Pe scurt, prefața subminează restul cărții afirmând că ipotezele lui Copernic „nu sunt neapărat adevărate, și nici măcar probabile". Se subliniază „absurditățile" modelului heliocentric, rezultând de aici că descrierea matematică amănunțită și riguroasă a lui Copernic nu era decât o invenție. Prefața nu recunoaște că sistemul copernican e compatibil cu observațiile până la un grad rezonabil de precizie, ci castrează teoria afirmând că e doar o cale convenabilă de a efectua calcule și nu o încercare de a reprezenta realitatea. Manuscrisul originar al lui Copernic s-a păstrat, așa încât știm că

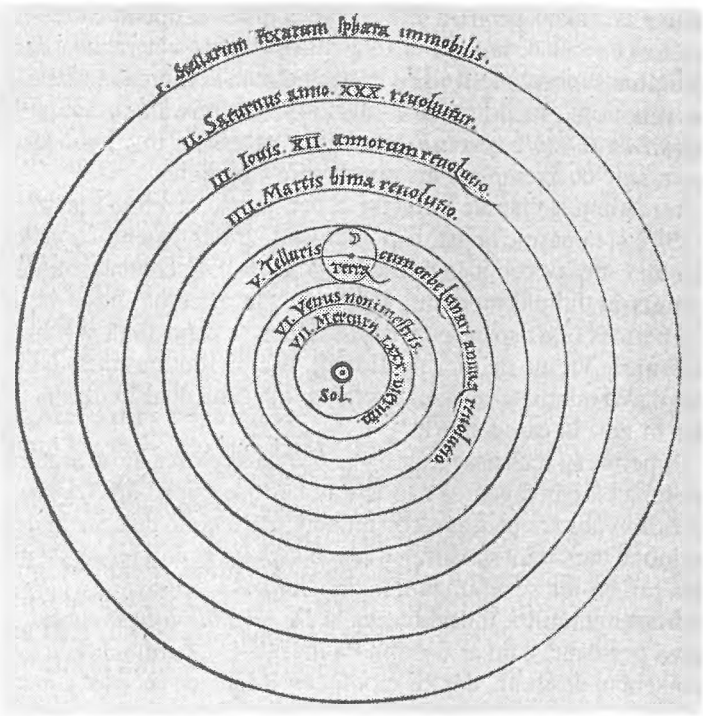


Figura 10 Desenul din *De revolutionibus* care ilustrează perspectiva revoluționară a lui Copernic asupra universului. Soarele se află în centru, iar în jurul lui se rotesc planetele. Pământul este corect așezat între Venus și Marte; în jurul lui se rotește Luna.

începutul cărții avea un ton foarte diferit de cel al prefeței tipărite, care banaliza lucrarea. Noua prefață trebuie să fi fost deci inserată după ce Rheticus plecase de la Frauenburg cu manuscrisul. Prin urmare, Copernic se afla pe patul de moarte când a citit-o pentru prima oară, iar cartea fusese deja tipărită și era prea târziu ca să mai facă vreo schimbare. Poate că tocmai prefața e cea care l-a împins în mormânt.

Așadar, cine a scris și a inserat noua prefață? Principalul suspect este Osiander, clericul care și-a luat responsabilitatea publicării, după ce Rheticus a plecat de la Nürnberg la Leipzig. El își închipuia pesemne că, odată ce ideile sale ar fi devenit publice, Copernic ar fi fost supus

persecuțiilor și probabil a introdus prefața mânat de cele mai bune intenții, în speranța că astfel va atenua criticile. Pentru îngrijorarea lui Osiander stau mărturie câteva rânduri dintr-o scrisoare către Rheticus în care vorbește despre aristotelicieni, adică partizanii perspectivei geocentrice asupra lumii: „Aristotelicienii și teologii vor fi lesne îmblânziți dacă li se spune că [...] aceste ipoteze nu sunt propuse pentru că ar fi adevărate în realitate, ci pentru că reprezintă modul cel mai convenabil de a calcula mișcările compuse aparente."

În prefața pe care intenționa s-o publice, Copernic scrisese însă cât se poate de limpede că era gata să-și înfrunte criticii: „Se vor găsi poate oameni buni de gură care, deși complet ignoranți în privința matematicii, își vor da cu părerea în probleme de matematică și, denaturând flagrant unele pasaje din Scriptură în folosul lor, vor îndrăzni să găsească greșeli în întreprinderea mea și s-o cenzureze. Disprețul meu față de ei e pe măsura criticii lor neîntemeiate."

Luându-și până la urmă inima în dinți pentru a publica cea mai importantă și mai controversată descoperire astronomică de la vechii greci încoace, Copernic a murit tragic aflând că Osiander transformase teoriile sale într-un biet artificiu. *De revolutionibus* avea deci să dispară aproape fără urmă în deceniile de după publicare, iar nici publicul și nici Biserica nu au luat cartea în serios. Prima ediție nu s-a epuizat, iar lucrarea a fost retipărită abia în secolul următor. În schimb, cărțile care susțineau modelul ptolemeic au fost retipărite de sute de ori numai în Germania, în cursul aceleiași perioade.

Prefața lașă și conciliantă a lui Osiander la *De revolutionibus* e însă doar în parte răspunzătoare pentru absența impactului. Altă cauză era stilul imposibil în care Copernic a scris patru sute de pagini de text dens și complicat. În plus, era prima sa carte de astronomie, iar numele lui Copernic nu era cunoscut în cercurile învățaților europeni. N-ar fi fost o mare nenorocire, numai că acum Copernic era mort și nu-și mai putea apăra lucrarea. În fine, Rheticus, singurul care s-ar fi putut lupta pentru *De revolutionibus*, fusese jignit și nu mai voia să aibă vreo legătură cu sistemul copernican.

Mai mult, exact la fel cum s-a întâmplat cu varianta primă de model heliocentric a lui Aristarh, *De revolutionibus* a fost respins pentru că sistemul copernican era mai puțin precis decât modelul ptolemeic geocentric în privința predicției pozițiilor viitoare ale planetelor: în această privință, modelul esențialmente corect nu-l putea egala pe

rivalul său, fundamental fals. Există două explicații pentru această stranie situație. În primul rând, modelului copernican îi lipsea un element crucial, fără de care predicțiile sale nu puteau deveni niciodată suficient de precise pentru a-l impune. În al doilea rând, modelul ptolemeic își atinsese înalta sa precizie prin potrivirea epiciclurilor, deferenților, ecuanților și excentricilor, iar aproape orice model eronat poate fi salvat dacă se introduc asemenea elemente ajustabile la nesfârșit.

Apoi, desigur, modelul copernican suferea în continuare de toate neajunsurile care duseseră la abandonarea modelului heliocentric al lui Aristarh (vezi tabelul 2, pp. 38–39). De fapt, singura trăsătură a modelului heliocentric care îl făcea net superior celui geocentric era simplitatea lui. Deși Copernic s-a jucat cu epicicluri, modelul său folosea orbite circulare pentru fiecare planetă, în timp ce modelul ptolemeic era excesiv de complicat, cu reglaje fine ale epiciclurilor, deferenților, ecuanților și excentricilor pentru fiecare planetă în parte.

Din fericire pentru Copernic, simplitatea e o trăsătură prețuită în știință, după cum subliniase William de Occam, un teolog englez franciscan din secolul al XIV-lea care și-a căpătat faima în timpul vieții susținând că ordinele religioase nu trebuie să dețină pământuri și averi. Și-a expus ideile cu atâta înflăcărare, încât a fost dat afară de la Universitatea Oxford și a trebuit să se mute la Avignon, în sudul Franței, de unde l-a acuzat pe papa Ioan al XII-lea de erezie. Nu e de mirare că a fost excomunicat. A murit în timpul epidemiei de ciumă din 1349 și a devenit celebru postum grație moștenirii lăsate științei, cunoscută sub numele de briciul lui Occam, conform căreia, dacă există două teorii sau explicații concurente, atunci cea mai simplă e mai probabil să fie corectă, cu condiția ca în toate celelalte privințe ele să fie egale. Occam se exprimă astfel: *pluralitas non est ponenda sine necessitate* („pluralitatea nu trebuie susținută dacă nu e necesar").

Închipuiți-vă, de pildă, că după o noapte furtunoasă dați peste doi capaci prăbușiți în mijlocul câmpului și nu există nici un semn evident care să indice cauza prăbușirii lor. Ipoteza simplă ar fi că furtuna a răsturnat copacii. O ipoteză mai complicată ar putea susține că doi meteoriți au sosit simultan din spațiu, fiecare s-a ciocnit de câte un copac, dărâmând astfel copacii, iar apoi s-au ciocnit unul cu altul frontal și s-au vaporizat, ceea ce explică absența oricărei probe materiale. Folosind briciul lui Occam, hotărăști că furtuna și nu meteoriții gemeni e explicația mai probabilă, pentru că e mai simplă. Briciul

lui Occam nu îți garantează că ai găsit răspunsul corect, dar în general te orientează spre el. Doctorii se bazează deseori pe briciul lui Occam când diagnostichează o boală, iar studenții la medicină sunt sfătuiți: „Dacă auzi tropăit de copite, gândește-te la cai, nu la zebre." Pe de altă parte, amatorii de teorii ale conspirației disprețuiesc briciul lui Occam, respingând de multe ori o explicație simplă în favoarea unui raționament mai torturat, care implică intrigi de tot felul.

Briciul lui Occam susținea modelul copernican (un ciclu pentru fiecare planetă) în detrimentul modelului ptolemeic (un epiciclu, un deferent, un ecuant și un excentric pentru fiecare planetă), dar briciul lui Occam e decisiv numai dacă două teorii au succes egal, iar în secolul al XVI-lea modelul ptolemeic era net mai puternic în câteva privințe — în primul rând, făcea predicții mai exacte asupra pozițiilor planetelor. Prin urmare, simplitatea modelului heliocentric era considerată irelevantă.

În plus, pentru mulți, modelul heliocentric era prea radical chiar și ca ipoteză, așa încât lucrarea lui Copernic conducea către un sens nou într-o lume veche. O teorie etimologică susține că adjectivul „revoluționar", care se aplică unei idei în răspăr cu înțelepciunea convențională, își are originea în titlul cărții lui Copernic, *Despre revoluțiile sferelor cerești*. În afara defectului de a fi revoluționar, modelul heliocentric al universului părea de asemenea absolut imposibil. Acesta e motivul pentru care cuvântul *köpperneksch*, derivat din forma germană a numelui lui Copernic, a ajuns să fie folosit în nordul Bavariei pentru a desemna o afirmație de necrezut sau ilogică.

Una peste alta, modelul heliocentric al universului era o idee care își devansa epoca, prea revoluționară, prea puțin plauzibilă și încă prea imprecisă pentru a căpăta un sprijin larg. *De revolutionibus* sălășluia în câteva rafturi de bibliotecă, în câteva studii și era citită doar de câțiva astronomi. Ideea unui univers heliocentric fusese propusă întâi de Aristarh, în secolul al V-lea î.Cr., dar a fost ignorată; acum, fusese reinventată de Copernic, și a fost din nou ignorată. Modelul va intra în hibernare, așteptându-l pe acela care să-l readucă la viață, să-l cerceteze, să-l îmbunătățească și să găsească elementele ce lipseau, dovedind astfel restului lumii că modelul copernican al universului era adevărata imagine a realității. Sarcina de a găsi probe care să demonstreze că Ptolemeu s-a înșelat, iar Aristarh și Copernic au avut dreptate, avea să-i revină următoarei generații de astronomi.

Castelul cerurilor

Născut în 1546, vlăstar al nobilimii daneze, Tycho Brahe şi-a dobândit o faimă nepieritoare între astronomi pentru două motive. Întâi, în 1566, a intrat în conflict cu vărul lui, Manderup Parsberg, probabil fiindcă Parsberg l-a insultat şi şi-a bătut joc de o recentă profeţie astrologică a lui Tycho. El prezisese moartea lui Soliman Magnificul, ba chiar îşi îmbrăcase profeţia într-un poem compus în latină, fără să fi ştiut că sultanul murise deja cu şase luni în urmă. Disputa a culminat cu un duel scandalos. În timp ce se luptau cu săbiile, o lovitură a lui Parsberg i-a crestat fruntea lui Tycho şi i-a tăiat nasul. Dacă lovitura ar fi fost cu câţiva centimetri mai adâncă, Tycho ar fi murit. De atunci a purtat un nas fals din metal, atât de bine făurit dintr-un aliaj de aur, argint şi cupru, încât se potrivea cu tenul lui.

Al doilea motiv, mai important, pentru care Tycho a ajuns celebru este că a dus observaţiile astronomice la un nivel de acurateţe fără egal. Renumele său l-a făcut pe regele danez Frederic al II-lea să-i dăruiască insula Hven, la zece kilometri de coastă, şi să-i pună la dispoziţie fonduri ca să-şi construiască acolo un observator astronomic. Uraniborg (Castelul cerurilor) a devenit de-a lungul anilor o fortăreaţă bogat împodobită care consuma peste 5% din produsul naţional brut al Danemarcei, record absolut în finanţarea cercetării ştiinţifice!

Uraniborg găzduia o bibliotecă, o fabrică de hârtie, o tiparniţă, un laborator de alchimie, un cuptor şi o închisoare pentru servitorii nesupuşi. Turnurile de observaţie erau dotate cu instrumente uriaşe, cum ar fi sextanţi, cuadranţi şi sfere armilare (toate pentru ochiul liber, căci astronomii nu învăţaseră încă să exploateze posibilităţile lentilelor). Existau câte patru seturi pentru fiecare instrument, ceea ce permitea măsurători simultane şi independente, iar astfel erorile în determinarea poziţiilor unghiulare ale stelelor şi planetelor erau minime. Observaţiile lui Tycho aveau în general o precizie de 1/30°, de cinci ori mai bună decât cele mai exacte măsurători de până la el. Poate că măsurătorile lui beneficiau şi de avantajul că Tycho îşi putea scoate nasul şi alinia mai precis ochiul.

Reputaţia lui Tycho a atras la observator o mulţime de personalităţi importante. Vizitatorii erau interesaţi de cercetările sale, dar şi de petrecerile excentrice de la Uraniborg, renumite în întreaga Europă. Tycho punea la dispoziţie cantităţi nelimitate de băutură şi distra lumea

Figura 11 Uraniborg, de pe insula Hven, cel mai bine finanțat și cel mai hedonist observator astronomic din istorie.

cu statui mecanice şi cu un pitic pe nume Jepp, care spunea poveşti şi despre care se credea că ar fi avut darul prezicerii. Pentru a întregi spectacolul, elanul favorit al lui Tycho era lăsat să hoinărească liber prin castel, dar şi-a găsit sfârşitul tragic căzând de pe o scară după ce băuse prea mult alcool. Uraniborg semăna mai curând cu decorul unui film de Peter Greenaway decât cu un institut de cercetare.

Deşi Tycho se formase în tradiţia astronomiei ptolemeice, observaţiile sale minuţioase l-au obligat să pună sub semnul întrebării vechea perspectivă asupra universului. De fapt, ştim că poseda un exemplar din *De revolutionibus* în camera sa de lucru şi că privea cu simpatie ideile lui Copernic, dar, în loc să le adopte fără rezervă, îşi făurise propriul model al universului, nu prea îndrăzneţ, la jumătatea drumului între Ptolemeu şi Copernic. În 1588, la aproape o jumătate de secol după moartea lui Copernic, Tycho a publicat *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis* (*Despre noile fenomene din lumea eterică*), în care susţinea că toate planetele se rotesc în jurul Soarelui, dar Soarele se roteşte în jurul Pământului, aşa cum e prezentat în figura 12. Curajul lui mergea până într-acolo încât să accepte că Soarele se află în centrul planetelor, dar conservatorismul îl făcea să păstreze Pământul în centrul universului. Refuza să disloce Pământul, fiindcă presupusa lui poziţie centrală era singura cale de a explica de ce obiectele cad spre centrul Pământului.

Înainte ca Tycho să treacă la o nouă etapă în programul său de observaţii astronomice şi în cel teoretic, cercetările lui au primit o lovitură grea. Protectorul său, regele Frederic, a murit în urma unei beţii chiar în anul în care Tycho a publicat *De mundi aetherei*, iar noul rege, Cristian al IV-lea, nu mai era dispus să-i finanţeze laboratorul somptuos şi nici să-i tolereze stilul hedonist de viaţă. Tycho a fost nevoit să părăsească Uraniborg şi să plece din Danemarca împreună cu familia, asistenţii, piticul Jepp şi o cantitate impresionantă de echipament astronomic. Din fericire, instrumentele lui Tycho fuseseră proiectate aşa încât să poată fi transportate, fiindcă intuise că „un astronom trebuie să fie cosmopolit, căci nu se poate aştepta ca oamenii de stat ignoranţi să-l preţuiască".

Tycho Brahe s-a stabilit la Praga, unde împăratul Rudolf al II-lea i-a oferit titlul de Matematician Imperial şi i-a permis să înfiinţeze un nou observator în Castelul Benatky. Mutarea s-a dovedit norocoasă, pentru că la Praga Tycho şi-a găsit un nou asistent, Johannes Kepler, care sosise în oraş cu doar câteva luni în urmă. Luteranul Kepler fusese

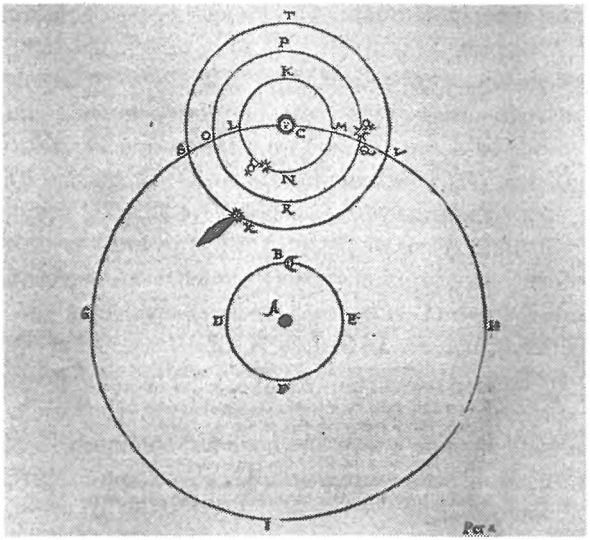


Figura 12 Modelul lui Tycho conținea aceeași eroare ca acela al lui Ptolemeu, plasând în centrul universului Pământul, în jurul căruia se rotesc Luna și Soarele. Principalul lui merit era înțelegerea faptului că planetele (și cometele) se rotesc în jurul Soarelui. Ilustrația e extrasă din cartea lui Tycho *De mundi aetherei.*

nevoit să se refugieze din Graz de teamă că va fi executat de arhiducele catolic Ferdinand, cel care afirmase plin de înverșunare că preferă „să pustiască țara decât să stăpânească asupra unor eretici".

La 1 ianuarie 1600, Kepler a pornit deci spre Praga. Începutul noului secol avea să marcheze și începutul unei noi colaborări ce avea să ducă la reinventarea universului. Tycho și Kepler erau tandemul ideal. Progresul științei cere deopotrivă observație și teorie. Tycho adunase cea mai prețioasă colecție de observații din istoria astronomiei, iar Kepler se va dovedi un excelent interpret al acestor observații. Deși Kepler suferea din naștere de miopie și tulburări de vedere, în cele din urmă privirea lui va ajunge mai departe decât cea a lui Tycho.

Colaborarea s-a închegat exact la momentul potrivit. La câteva luni după sosirea lui Kepler, Tycho a participat la o cină găzduită de baronul von Rosenberg și, ca de obicei, a băut peste măsură, dar a refuzat să încalce eticheta părăsind masa înaintea baronului. Kepler avea să noteze: „Pe măsură ce bea, simțea că i se umflă vezica, dar a

pus politețea înaintea sănătății. Când a ajuns acasă abia mai putea să urineze." Noaptea a făcut febră, iar apoi crizele în timpul cărora își pierdea cunoștința alternau cu delirul. Zece zile mai târziu a murit.

Pe patul de moarte, Tycho repeta întruna: „Numai să nu fi trăit degeaba!" Nu avea de ce se teme — Kepler urma să valorifice din plin minuțioasele observații ale lui Tycho. De fapt, poate că Tycho trebuia să moară pentru ca opera lui să dea roade, căci, în viață fiind, își păzea cu mare grijă toate însemnările și nu împărtășea nimănui observațiile sale, visând mereu să publice de unul singur o capodoperă. Cu siguranță, Tycho nu l-a considerat niciodată pe Kepler un partener egal — la urma urmei, el era un nobil danez, în vreme ce Kepler nu era decât un țăran. Dar Tycho nu putea vedea semnificația mai profundă a propriilor sale observații. Pentru asta era nevoie de înzestrarea unui matematician încercat, cum s-a dovedit a fi Kepler.

Kepler s-a născut într-o familie umilă care se chinuia să supraviețuiască frământărilor provocate de război și de conflictele religioase, cu un tată hârșit în rele și o mamă care fusese alungată în urma acuzațiilor de vrăjitorie. Nu e deci de mirare că a devenit un ipohondru fără prea mare încredere în sine. În horoscopul pe care și l-a făcut, scris la persoana a treia, vorbește despre sine ca despre un câine de pripas:

> Îi place să roadă oase și coji uscate de pâine, și e atât de lacom încât apucă orice lucru pe care-i cad ochii; dar, întocmai ca un câine, bea puțin și se mulțumește cu cea mai simplă hrană. [...] Cerșește mereu bunăvoința celorlalți, depinde în toate de ceilalți, gata să le împlinească dorințele, nu se mânie niciodată când îl ocărăsc și abia așteaptă să le intre iar în grații. [...] La fel ca un câine, e îngrozit de băi, tincturi și loțiuni. Nepăsarea lui nu cunoaște limite, ceea ce cu siguranță se datorează lui Marte în cvadratură cu Mercur și la 120 de grade față de Lună.

Pasiunea pentru astronomie pare să fi fost singurul contrapunct la ura de sine. La douăzeci și cinci de ani a scris *Mysterium cosmographicum*, prima carte care lua apărarea lui Copernic. Convins de valabilitatea modelului heliocentric, și-a închinat viața încercării de a găsi ce anume lipsea modelului pentru a deveni precis. Cea mai mare eroare era legată de prezicerea traiectoriei lui Marte, o problemă care îl chinuise pe Rheticus, asistentul lui Copernic. După cum spunea Kepler, Rheticus suferise atât de mult că nu putuse rezolva problema

lui Marte, încât „s-a adresat în ultimă instanță îngerului său păzitor ca unui oracol. Deloc amabil, spiritul l-a tras de păr, l-a izbit de tavan și i-a dat drumul să se zdrobească de podea".

Având în sfârșit acces la observațiile lui Tycho, Kepler spera să rezolve problema lui Marte și să înlăture neajunsurile modelului heliocentric în opt zile; în realitate, i-au trebuit opt ani. Se cuvine subliniat cât timp i-a luat lui Kepler perfecționarea modelului heliocentric — opt ani! — pentru că scurtul rezumat care urmează riscă să nu dea întreaga măsură a uriașei sale realizări. Soluția găsită în cele din urmă de Kepler a fost rezultatul unor calcule laborioase și complicate care au umplut nouă sute de pagini de manuscris.

Kepler a făcut marea sa descoperire respingând una dintre cele mai vechi teze, anume că toate planetele se mișcă pe traiectorii care sunt cercuri sau combinații de cercuri. Copernic însuși rămăsese prizonier dogmei circulare, iar Kepler a arătat că aceasta era doar una dintre presupunerile eronate ale lui Copernic. De fapt, Kepler susținea că predecesorul lui se înșelase în trei privințe:

1. planetele se mișcă pe cercuri perfecte,
2. planetele se deplasează cu viteze constante,
3. Soarele se află în centrul acestor orbite.

Deși Copernic avusese dreptate când afirmase că planetele se rotesc în jurul Soarelui și nu în jurul Pământului, aceste trei false ipoteze îi sabotaseră speranțele de a prezice mișcările lui Marte și ale celorlalte planete cu un grad înalt de precizie. Dar Kepler avea să reușească acolo unde Copernic eșuase, pentru că a renunțat la aceste trei presupuneri, călăuzit de credința că adevărul iese la iveală numai dacă orice ideologie, prejudecată și dogmă sunt lăsate deoparte. Și-a deschis ochii și mintea, a luat observațiile lui Tycho ca piatră de temelie, iar pe ele și-a clădit modelul. Treptat, a luat ființă un model al universului lipsit de idei preconcepute. Noile ecuații ale lui Kepler pentru orbite se potriveau cu observațiile, iar sistemul solar a căpătat în cele din urmă formă. Kepler a dezvăluit erorile lui Copernic și a arătat că:

1. planetele se mișcă pe elipse, nu pe cercuri perfecte,
2. viteza planetelor variază continuu,
3. Soarele nu se află exact în centrul acestor orbite.

Când și-a dat seama că avea soluția misterului orbitelor planetare, Kepler a strigat: „Dumnezeule atotputernic, am ajuns la gândurile Tale prin voia Ta!"

De fapt, a doua și a treia afirmație din noul model al lui Kepler rezultă din prima, care spune că orbitele planetare sunt eliptice. O scurtă privire aruncată asupra elipselor și modului în care se construiesc ele ne poate lămuri de ce. Putem desena o elipsă fixând capetele unei sfori pe o planșă, după cum se vede în figura 13, pentru ca apoi să întindem cu un creion sfoara. Dacă mișcăm creionul de-a lungul planșei, menținând sfoara întinsă, el va trasa o jumătate de elipsă. Întorcând sfoara în cealaltă parte și menținând-o din nou întinsă, vom trasa cealaltă jumătate a elipsei. Lungimea sforii e constantă, iar capetele ei fiind fixe, putem defini elipsa ca pe mulțimea punctelor pentru care suma distanțelor față de două puncte fixe are o valoare constantă dată.

Pozițiile capetelor fixe se numesc *focarele* elipsei. Soarele nu se află în centrul orbitelor planetare, ci într-unul din focarele traiectoriilor eliptice urmate de planete. De aceea în anumite momente planetele se vor afla mai aproape de Soare decât în alte momente, ca și cum planeta ar cădea spre Soare. Procesul căderii va provoca o accelerare a mișcării planetei și, reciproc, planeta va încetini atunci când se îndepărtează de Soare.

Kepler a demonstrat că, pe măsură ce o planetă își urmează traiectoria eliptică în jurul Soarelui, fiind accelerată și frânată în drumul ei, o linie imaginară ce unește planeta și Soarele va mătura arii egale în timpi egali. Această afirmație oarecum abstractă e ilustrată în figura 14. Importanța ei stă în aceea că definește cu precizie felul în care se modifică viteza pe măsură ce planeta parcurge orbita, contrar convingerii lui Copernic că viteza planetei e constantă.

Geometria elipsei fusese studiată încă din Antichitatea greacă. De ce oare nimeni până la Kepler nu bănuise că elipsele ar putea reprezenta formele orbitelor planetare? După cum am văzut, un motiv a fost adânc înrădăcinata credință în perfecțiunea divină a cercurilor, care i-a împiedicat pe astronomi să întrezărească orice altă posibilitate. Dar un alt motiv a fost că elipsele planetare sunt doar foarte puțin turtite, așa încât, fără o cercetare foarte atentă, ele păreau circulare.

De pildă, raportul dintre lungimea axei mici și a axei mari (vezi figura 13) e un indiciu bun asupra gradului în care se abate elipsa de la cerc. Evident, în cazul cercului raportul e exact 1, dar pentru orbita

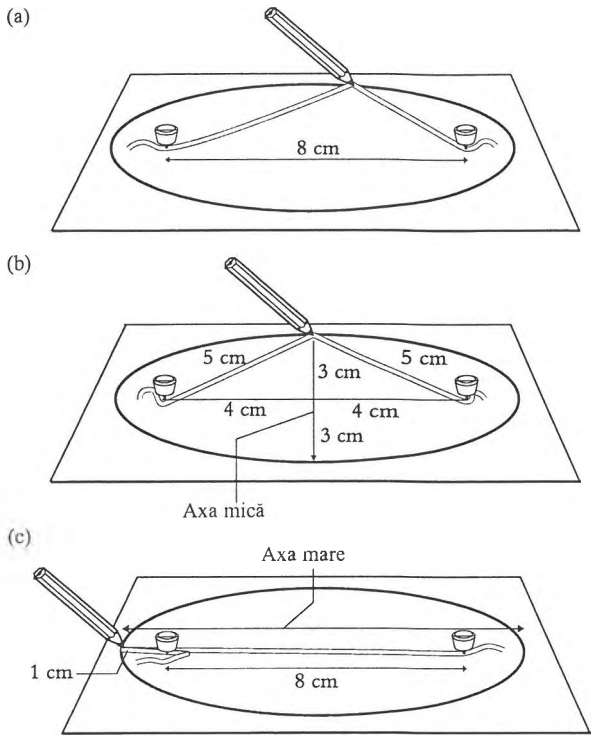


Figura 13 Un mod simplu de a desena o elipsă este să fixăm cu două pioneze capetele unei sfori, așa cum se vede în desenul (a). Dacă pionezele se află la o distanță de 8 cm, iar lungimea sforii e de 10 cm, atunci pentru fiecare punct de pe elipsă suma distanței față de cele două pioneze este de 10 cm. De exemplu, în desenul (b), cei 10 cm de sfoară formează două laturi ale unui triunghi, ambele având lungimea de 5 cm. Conform teoremei lui Pitagora, distanța de la marginea superioară a elipsei la centrul ei trebuie să fie de 3 cm. Prin urmare, înălțimea totală (sau *axa mică*) este de 6 cm. În desenul (c), sfoara este trasă într-o parte. De aici se vede că lățimea totală (sau *axa mare*) a elipsei este de 10 cm, pentru că între pioneze sunt 8 cm, iar de la fiecare pionează la cele două margini laterale distanța e de câte 1 cm.

Elipsa e turtită datorită raportului dintre axa mică, 6 cm, și axa mare, 10 cm. Dacă pionezele sunt fixate la distanțe din ce în ce mai mici, axa mare și axa mică au valori din ce în ce mai apropiate, iar elipsa e tot mai puțin turtită. Dacă pionezele ar ajunge să se confunde, devenind un singur punct, atunci sfoara ar reprezenta o rază constantă de 5 cm, iar forma rezultantă ar fi un cerc.

Pământului raportul este 0,99986. Marte, planeta care îi provocase lui Rheticus coşmaruri, punea probleme grele pentru că orbita ei e mai turtită, dar raportul axelor este de 0,99566, încă foarte aproape de 1. Pe scurt, orbita marţiană era doar uşor eliptică, ceea ce i-a indus în eroare pe astronomi, făcându-i să creadă că e circulară, dar era suficient de eliptică pentru a provoca probleme reale oricui încerca s-o reprezinte prin cercuri.

Elipsele lui Kepler au oferit o perspectivă completă şi precisă asupra sistemului nostru solar. Concluziile sale au reprezentat un triumf al ştiinţei şi al metodei ştiinţifice, rezultatul combinării observaţiei, teoriei şi matematicii. Şi-a publicat pentru prima oară descoperirea în 1609 într-un tratat uriaş intitulat *Astronomia nova*, care detalia opt ani de muncă meticuloasă, inclusiv numeroase direcţii de cercetare care nu duseseră nicăieri. Îl ruga pe cititor să-l judece cu îngăduinţă: „Dacă vă plictiseşte trudnica metodă de calcul, fie-vă milă de mine care am fost nevoit s-o reiau de cel puţin şaptezeci de ori, irosind astfel mult timp."

Modelul sistemului solar elaborat de Kepler era simplu, elegant şi indiscutabil exact în predicţia traiectoriei planetelor, şi totuşi nimeni nu credea că reprezintă realitatea. Cei mai mulţi dintre filozofi, astronomi şi clerici recunoşteau că era un model bun pentru efectuarea calculelor, dar continuau să creadă neclintit că Pământul trebuia să se afle în centrul universului. Preferinţa lor pentru modelul geocentric se întemeia în mare parte pe incapacitatea lui Kepler de răspunde la unele din problemele enumerate în tabelul 2 (pp. 38–39), de pildă cea legată de gravitaţie — cum pot fi Pământul şi celelate planete menţinute pe orbite în jurul Soarelui, când tot ce vedem în jurul nostru e atras spre Pământ?

De asemenea, încrederea lui Kepler în elipse, contrară doctrinei cercurilor, era considerată ridicolă. Iată ce i-a transmis clericul şi astronomul olandez David Fabricius, într-o scrisoare, lui Kepler: „Cu elipsele dumneavoastră aboliţi circularitatea şi uniformitatea mişcărilor, ceea ce îmi pare tot mai absurd, pe măsură ce meditez mai profund. [...] Ar fi fost mult mai bine dacă aţi fi putut păstra orbita perfect circulară şi dacă v-aţi fi justificat orbita eliptică printr-un alt mic epiciclu." Dar o elipsă nu poate fi construită din cercuri şi epicicluri, aşa încât compromisul era imposibil.

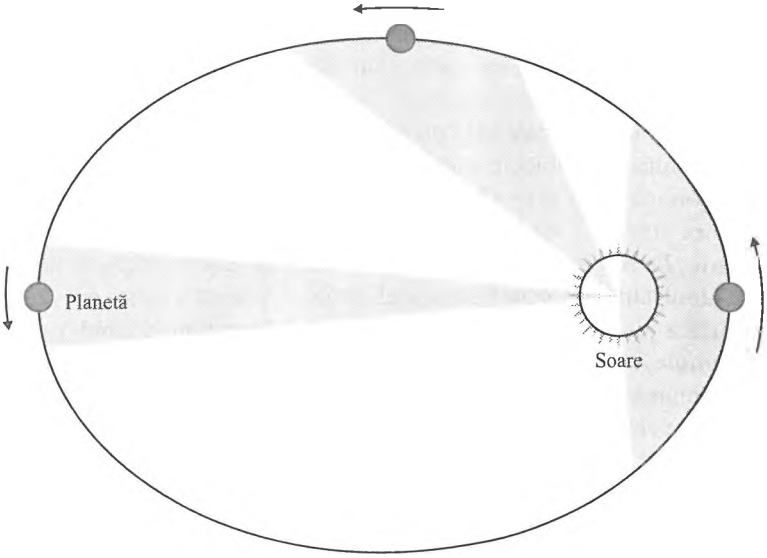


Figura 14 Desenul prezintă o orbită planetară turtită exagerat. Înălțimea elipsei este aproximativ 75% din lățime, în timp ce pentru majoritatea orbitelor planetare din sistemul nostru solar raportul este în general între 99% și 100%. De asemenea, focarul în care se află Soarele este foarte excentric, în timp ce în realitate el se află la foarte mică distanță de centrul orbitelor planetare. Desenul demonstrează a doua lege a lui Kepler privind orbitele planetare. El a arătat că linia imaginară ce unește planeta cu Soarele (vectorul radial) mătură arii egale în timpi egali, consecință a faptului că viteza planetei crește când se apropie de Soare. Cele trei sectoare umbrite au arii egale. Când planeta e aproape de Soare, vectorul radial e scurt, în schimb viteza ei e mai mare, ceea ce înseamnă că parcurge mai mult din circumferința elipsei într-un timp dat. Când planeta e departe de Soare, vectorul radial e mult mai lung, dar viteza ei e mai mică, așa încât parcurge o porțiune mai mică din circumferință în același timp.

Dezamăgit de felul în care a fost primită *Astronomia nova*, Kepler a început să-și folosească talentul în alte direcții. Lumea înconjurătoare îi atrăgea mereu curiozitatea, iar următoarele rânduri explică neobositele sale căutări științifice: „Nu ne întrebăm în ce scop util cântă păsările, cântecul este bucuria lor de când au fost zămislite pentru cântat. La fel, n-ar trebui să ne întrebăm de ce spiritul omului se

străduiește să pătrundă secretele cerurilor. [...] Diversitatea fenomenelor naturii e atât de mare, iar comorile ascunse în ceruri atât de bogate, tocmai pentru ca spiritul omului să nu fie nicicând lipsit de hrană proaspătă."

În afara cercetărilor sale privind orbitele planetare eliptice, Kepler s-a pasionat de subiecte uneori îndoielnice. A readus la viață teoria pitagoreică după care planetele rezonau cu „o muzică a sferelor". Kepler credea că viteza fiecărei planete producea anumite note (do, re, mi , fa, sol, la, si). Pământul emitea notele fa și mi, ceea ce dădea cuvântul latinesc *fames*, însemnând „foame", părând a indica adevărata natură a planetei noastre. Și-a folosit mai bine timpul când a scris *Somnium*, unul din precursorii genului științifico-fantastic, povestind o aventuroasă călătorie pe Lună. La câțiva ani după *Astronomia nova*, Kepler a elaborat una dintre cele mai originale lucrări științifice, „Despre fulgul de zăpadă în șase colțuri", în care reflecta asupra simetriei fulgilor de zăpadă și privea materia din perspectivă atomistă.

„Despre fulgul de zăpadă în șase colțuri" a fost dedicată protectorului său, Johannes Matthäeus Wackher von Wackenfels, omul care i-a adus lui Kepler vestea cea mai tulburătoare pe care o putea primi: apăruse o invenție tehnică ce putea transforma astronomia în general și, în particular, statutul modelului heliocentric. Știrea era atât de uimitoare, încât Kepler a făcut o însemnare specială despre vizita la Herr Wackher, în martie 1610: „Am simțit o emoție sublimă în timp ce ascultam straniul lui basm. M-a tulburat în adâncul ființei."

Kepler tocmai aflase pentru prima dată despre telescop, care fusese folosit de Galilei pentru a explora cerul și a dezvălui aspecte cu desăvârșire noi ale firmamentului nocturn. Grație acestei invenții, Galilei urma să găsească dovada că Aristarh, Copernic și Kepler avuseseră cu toții dreptate.

A vedea înseamnă a crede

Născut la Pisa pe 15 februarie 1564, Galileo Galilei e adesea considerat părintele științei, iar această afirmație se întemeiază pe un număr impresionant de dovezi. Chiar dacă n-a fost primul care a elaborat o teorie științifică, nici primul care a efectuat un experiment, nici primul care a observat natura și nici măcar primul care a demonstrat

forța invenției, a fost probabil primul care a excelat în toate aceste direcții, fiind deopotrivă un strălucit teoretician, un experimentator de excepție, un observator meticulos și un talentat inventator.

Și-a demonstrat multiplele însușiri în vremea anilor de studii, când mintea lui rătăcea în cursul unei slujbe la catedrală și a observat balansul unui candelabru. Și-a folosit propriul puls pentru a măsura timpul fiecărei oscilații și a constatat că perioada unui ciclu complet rămânea constantă, chiar dacă arcul larg al oscilațiilor de la începutul slujbei scăzuse spre sfârșit până la o abia perceptibilă legănare. Ajuns acasă, a trecut de la observație la experiment și s-a jucat cu pendule de diferite lungimi și greutăți. A folosit apoi rezultatele experimentale pentru a construi o teorie conform căreia perioada este independentă de unghiul de oscilație sau de greutatea pendulului și depinde doar de lungimea sa. De la cercetare pură a trecut la invenție și a colaborat la dezvoltarea a ceea ce s-a numit *pulsilogia*, un pendul simplu ale cărui oscilații regulate îi permiteau să funcționeze ca un dispozitiv de măsurare a timpului.

În particular, dispozitivul putea fi folosit pentru a determina pulsul unui pacient, inversând astfel rolurile din observația lui inițială când folosise pulsul pentru a măsura perioada de oscilație a candelabrului. Se pregătea pe atunci să devină doctor, dar aceasta a rămas singura lui contribuție la medicină. Apoi, l-a convins pe tatăl său să-i dea voie să abandoneze medicina și să urmeze o carieră științifică.

Succesul lui Galilei ca savant s-a datorat nu numai inteligenței ieșite din comun, dar și imensei curiozități cu care privea lumea și tot ce-l înconjura. Conștient de firea sa scrutătoare, într-o bună zi a exclamat: „Când o să încetez oare să mă mai minunez?"

Această curiozitate se însoțea cu o fire rebelă. Nu avea nici un respect pentru autoritate: nu accepta nimic drept adevărat pentru simplul motiv că fusese afirmat de profesori, teologi sau vechii greci. De pildă, Aristotel folosea argumente filozofice pentru a deduce că obiectele grele cad mai repede decât cele ușoare, dar Galilei a efectuat un experiment pentru a dovedi că Aristotel se înșelase. A avut chiar curajul să spună că Aristotel, spiritul cel mai admirat din întreaga istorie, „a scris contrarul adevărului".

Când Kepler a aflat prima oară că Galilei folosește telescopul pentru a explora cerul, a presupus probabil că Galilei fusese cel care inventase telescopul. Într-adevăr, și în ziua de azi mulți oameni cred

același lucru. În realitate, Hans Lippershey, un optician flamand, este cel care a brevetat telescopul în 1608. La câteva luni după reușita lui Lippershey, Galilei nota: „Circulă zvonul că un oarecare olandez a inventat un ochean." Imediat s-a apucat să-și construiască propriile sale telescoape.

Marele merit al lui Galilei a fost de a transforma modelul rudimentar al lui Lippershey într-un instrument remarcabil. În august 1609, Galilei a prezentat dogelui Veneției ceea ce era pe atunci cel mai puternic telescop din lume. Au urcat împreună în turla catedralei San Marco, au reglat telescopul și au privit laguna. O săptămână mai târziu, într-o scrisoare către cumnatul său, Galilei îl anunța că telescopul stârnise „uluiala nemăsurată a tuturor". Instrumente rivale aveau o putere de mărire de aproximativ ×10, dar Galilei, înțelegând mai bine optica telescopului, a reușit să ajungă la o putere de mărire de ×60. Telescopul le-a adus venețienilor avantaje nu doar în război, pentru că puteau vedea inamicul înainte de a fi văzuți, ci le permitea și agerilor negustori să zărească la mare distanță o corabie sosind încărcată cu mirodenii și mătăsuri, iar astfel își puteau lichida stocurile înainte ca prețurile să se prăbușească.

Galilei a profitat de comercializarea telescopului, dar și-a dat seama și de valoarea lui științifică. Când a privit cu telescopul cerul nopții, a putut vedea mai departe, mai clar și mai adânc în spațiu decât oricine până la el. Aflând de la Herr Wackher despre telescopul lui Galilei, Kepler a înțeles imediat posibilitățile lui și i-a dedicat un elogiu: „O, telescop, intrument preaînțelept, mai prețios ca orice sceptru! Oare cel care te ține în mână nu devine regele și stăpânul creației lui Dumnezeu?" Galilei avea să devină acel rege și stăpân.

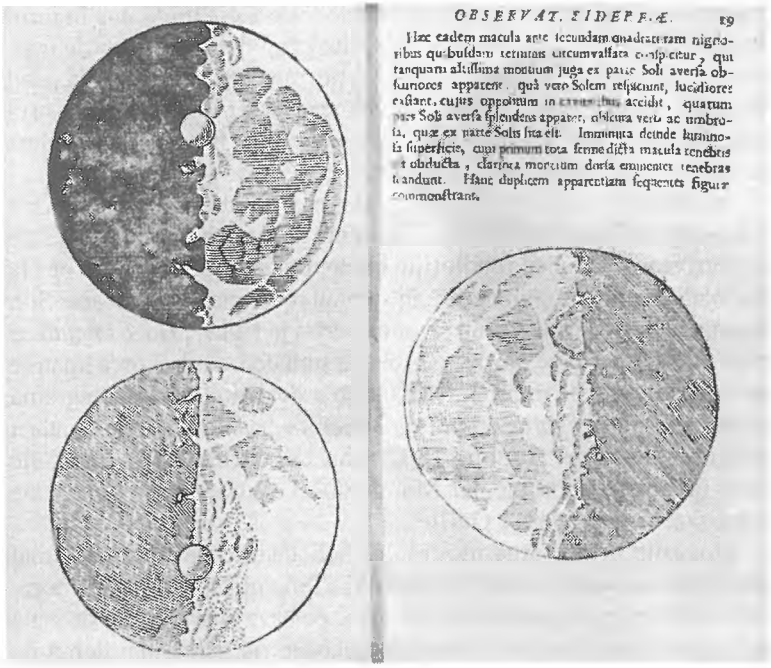
Mai întâi, Galilei a studiat Luna și a văzut că e „plină de protuberanțe mari, prăpăstii adânci și sinuozități", ceea ce intra în directă contradicție cu perspectiva ptolemeică, după care corpurile cerești erau sfere perfecte. Imperfecțiunea cerului a ieșit iarăși la iveală atunci când Galilei și-a îndreptat telescopul spre Soare și a observat un fel de bube, ceea ce numim azi petele solare, zone mai reci de pe suprafața Soarelui, întinzându-se pe distanțe de până la 100 000 km.

Apoi, în ianuarie 1610, Galilei a făcut o descoperire și mai importantă: a zărit ceea ce la început a crezut că sunt patru stele în preajma lui Jupiter. Curând a înțeles că nu erau stele, din moment ce se mișcau în jurul lui Jupiter, ci luni jupiteriene. Până atunci nimeni nu văzuse

altă lună decât a noastră. Ptolemeu afirmase că Pământul se află în centrul universului, dar exista acum dovada incontestabilă că nu totul se rotește în jurul Pământului.

Galilei, care coresponda cu Kepler, era la curent cu noua versiune keplerianā a modelului lui Copernic și și-a dat seama că descoperirea lunilor lui Jupiter venea în sprijinul modelului heliocentric al universului. Nu avea nici o îndoială că dreptatea era de partea lui Copernic și a lui Kepler, însă a continuat să adune dovezi în favoarea acestui model, sperând să convertească lumea academică, fidelă încă perspectivei tradiționale geocentrice. Singura cale de a ieși din impas ar fi fost să găsească o predicție tranșantă care să diferențieze cele două modele concurente. Dacă o asemenea predicție ar fi putut fi testată, un model ar fi fost confirmat, iar celălalt respins. Știința bună

Figura 15 Desene ale Lunii făcute de Galilei


OBSERVAT. SIDEREÆ. 89
Hæc eadem macula ante secundam quadraturam nigeo-
ribus quibusdam terminis circumvallata conspicitur, qui
tanquam altissima montium juga ex parte Solis aversa ob-
scuriores apparent, quâ vero Solem respiciunt, lucidiores
existant, cujus oppositum in extremo illius accidit, quatum
pars Soli aversa splendens apparet, obscura vero ac umbro-
sa, quæ ex parte Solis sita est. Imminuta deinde luminosa
superficie, cum primum tota fere dicta macula tenebris
obducta, clarioca montium dorsa eminenter tenebras
scandunt. Hanc duplicem apparentiam sequentes figuræ
commonstrant.

elaborează teorii care sunt testabile, iar testarea aduce cu sine progresul ştiinţific.

De fapt, Copernic făcuse exact o astfel de predicţie — care aştepta să fie testată de îndată ce intrumentele ar fi permis efectuarea observaţiilor necesare. În *De revolutionibus*, afirmase că Mercur şi Venus ar trebui să prezinte o serie de faze (de pildă, Venus plin, semi-Venus, Venus nou) asemănătoare fazelor Lunii, iar aspectul fazelor ar depinde de faptul că Pământul se roteşte în jurul Soarelui sau invers. În secolul al XVI-lea nimeni nu putuse vedea cum arată fazele fiindcă telescopul nu fusese încă inventat, dar Copernic era încredinţat că demonstrarea adevărului spuselor sale era doar o problemă de timp: „Dacă simţul văzului ar deveni vreodată suficient de puternic, am putea vedea fazele lui Mercur şi Venus."

Lăsându-l pe Mercur deoparte şi concentrându-ne asupra lui Venus, semnificaţia fazelor e ilustrată în figura 17. Venus are mereu o faţă luminată de Soare, dar, din punctul nostru de observaţie de pe Pământ, această faţă nu e întotdeauna îndreptată spre noi, aşa încât vedem Venus trecând printr-o serie de faze. În modelul geocentric al lui Ptolemeu, şirul de faze e determinat de traiectoria lui Venus în jurul Pământului şi de mişcarea sa pe epiciclu. În modelul heliocentric însă, şirul fazelor e diferit, fiind determinat de traiectoria lui Venus în jurul Soarelui, fără vreun epiciclu. Dacă cineva ar fi putut identifica şirul real al creşterii şi descreşterii lui Venus, atunci s-ar fi stabilit fără putinţă de tăgadă care model era cel corect.

În toamna lui 1610, Galilei a devenit primul om care a urmărit şi consemnat fazele lui Venus. După cum se aştepta, observaţiile sale se potriveau perfect cu predicţiile modelului heliocentric şi au pus la dispoziţie muniţie suplimentară în spijinul revoluţiei copernicane. Şi-a anunţat rezultatele într-o notă criptică, scrisă în latină: „*Haec immatura a me iam frustra leguntur oy*" („Acestea sunt deocamdată prea imature pentru a fi citite de mine"). Mai târziu a dezvăluit că era anagrama pentru: „*Cynthiae figuras aemulatur Mater Amorum*" („Figurile Cynthiei sunt imitate de Mama Iubirii"). Cynthia era o trimitere la Lună, ale cărei faze erau cunoscute, iar Mama Iubirii era o aluzie la Venus, ale cărei faze le descoperise Galilei.

Dovezile în favoarea modelului heliocentric deveneau tot mai puternice cu fiecare nouă descoperire. Tabelul 2 (pp. 38–39) compară modelele geocentric şi heliocentric pe baza observaţiilor de până la Copernic, arătând de ce modelul geocentric părea mai demn de

Figura 16 Notițele lui Galilei privind pozițiile lunilor lui Jupiter. Cercurile îl reprezintă pe Jupiter, iar punctele, de-o parte și de alta a cercului, pozițiile schimbătoare ale lunilor. Fiecare rând reprezintă o observație efectuată la o dată și o oră anume, existând una sau mai multe observații pe noapte.

încredere în Evul Mediu. Tabelul 3 (vezi pp. 66–67) arată că observațiile lui Galilei au făcut ca modelul heliocentric să fie mai atrăgător. Punctele slabe din modelul heliocentric aveau să fie lămurite mai târziu, odată ce oamenii de știință vor ajunge la o înțelegere corectă a gravitației și își vor da seama de ce nu simțim mișcarea de rotație a Pământului în jurul Soarelui. Iar, cu toate că modelul heliocentric nu era în acord cu bunul-simț, aceasta nu reprezenta chiar o slăbiciune, din moment ce bunul-simț nu prea are de-a face cu știința, așa cum am văzut ceva mai sus.

În acest moment al istoriei, toți astronomii ar fi trebuit să-și îndrepte preferințele spre modelul heliocentric, dar nu a avut loc nici o reorientare majoră. Cei mai mulți astronomi trăiseră toată viața convinși că universul se rotește în jurul unui Pământ static și nu erau în stare să facă saltul intelectual și psihologic către universul heliocentric. Când astronomul Francesco Sizi a auzit că Galilei observase lunile lui Jupiter, ceea ce părea să sugereze că Pământul nu se află în centrul lumii, a reacționat cu un contraargument straniu: „Lunile nu pot fi văzute cu ochiul liber, prin urmare nu pot influența Pământul, prin urmare sunt inutile, prin urmare nu există." Filozoful Giulio Libri a adoptat o poziție ilogică asemănătoare și chiar a refuzat din principiu să privească printr-un telescop. La moartea lui Libri, Galilei a spus că măcar acum, în drum spre cer, va putea vedea petele solare, lunile lui Jupiter și fazele lui Venus.

Biserica Catolică, la rândul ei, n-a fost dispusă să abandoneze doctrina conform căreia Pământul e fix și se află în centrul universului nici măcar atunci când matematicienii iezuiți au confirmat precizia superioară a noului model heliocentric. Apoi, teologii au recunoscut că modelul heliocentric putea conduce la predicții excelente pentru orbitele planetelor, dar refuzau în continuare să accepte că era o descriere corectă a realității. Cu alte cuvinte, Vaticanul privea modelul heliocentric cam la fel cum privim noi următoarea frază: „Dar e bine a vedea lucrările de foarte multe ori." Aceasta este o frază mnemonică pentru numărul π. Notând numărul de litere din fiecare cuvânt, obținem: 3,141592653, adică numărul π până la a noua zecimală. Fraza e un instrument destul de exact pentru reprezentarea valorii lui π, dar știm foarte bine că numărul π n-are nici o legătură cu „lucrările" pomenite în frază. Biserica susținea că modelul heliocentric al universului are un statut asemănător — precis și util, dar nu real.

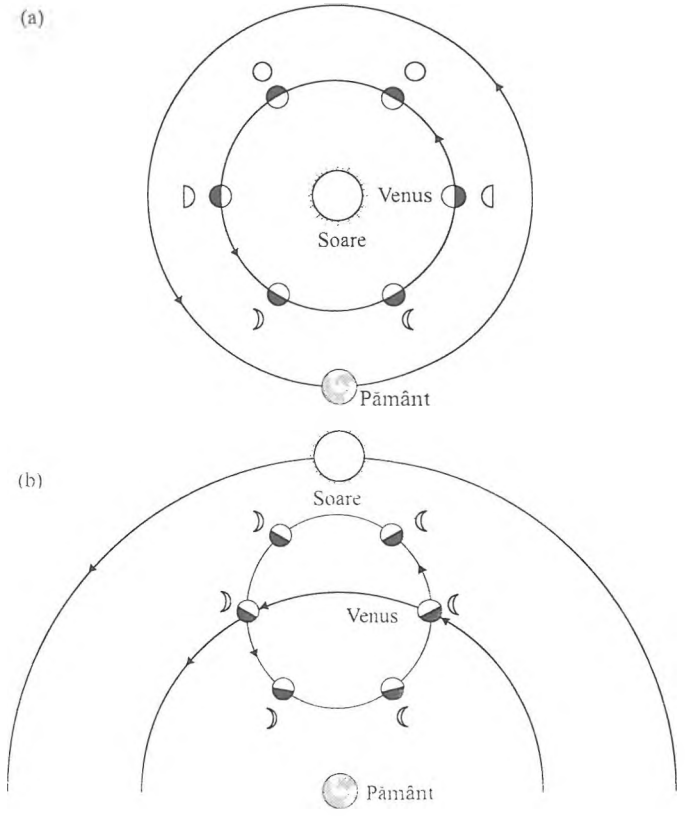


Figura 17 Observațiile precise ale lui Galilei asupra fazelor lui Venus au demonstrat că dreptatea era de partea lui Copernic, iar Ptolemeu se înșelase. În modelul heliocentric al universului, prezentat în desenul (a), Pământul și Venus se rotesc în jurul Soarelui. Deși Venus este mereu pe jumătate luminată de Soare, de pe Pământ se vede trecând printr-un șir de faze, de la „lună nouă" la disc. Faza e marcată lângă fiecare poziție succesivă a lui Venus.

În modelul geocentric al universului, Soarele și Venus se rotesc în jurul Pământului, iar în plus Venus se mișcă de-a lungul epiciclului său. Fazele depind de poziția lui Venus pe orbită și pe epiciclu. În desenul (b) orbita lui Venus este aproximativ la jumătatea distanței între Pământ și Soare, ceea ce dă naștere fazelor marcate pe desen. Stabilind șirul real al fazelor, Galilei putea spune care model este cel corect.

Tabelul 3

Acest tabel prezintă zece criterii importante conform cărora modelul geocentric și cel heliocentric puteau fi judecate, pe baza cunoștințelor de la 1610, după observațiile lui Galilei. Plusurile și minusurile reprezintă indicații asupra felului în care cele două modele răspundeau fiecărui criteriu, iar semnele de

Criteriu	Modelul geocentric	Succes
1. Bunul-simț	Pare evident că totul se învârte în jurul Pământului	+
2. Perceperea mișcării	Nu detectăm vreo mișcare, deci Pământul nu se mișcă	+
3. Căderea corpurilor	Poziția centrală a Pământului explică de ce obiectele cad în jos — obiectele sunt atrase către centrul universului	+
4. Paralaxa stelară	Paralaxa stelară nu e detectată, ceea ce e compatibil cu un Pământ static și un observator aflat în repaus	+
5. Predicția orbitelor planetare	Foarte bună concordanță — cea mai bună la acea dată	+
6. Mișcarea retrogradă a planetelor	Explicată cu epicicluri și deferenți	+
7. Simplitate	Foarte complicat — epicicluri, deferenți, ecuanți și excentrici	−
8. Fazele lui Venus	Nu prezice fazele observate	−
9. Pete pe Soare și pe Lună	Pun probleme — modelul rezultă din perspectiva aristoteliciană, care susține de asemenea că cerul e perfect	−
10. Lunile lui Jupiter	Pun probleme — se presupune că totul se rotește în jurul Pământului!	−

întrebare corespund absenței datelor. În comparație cu evaluarea bazată pe dovezile existente înaintea lui Copernic (Tabelul 2, pp. 38–39), modelul heliocentric pare acum mai convingător. Aceasta se datorează în parte observațiilor (punctele 8, 9 și 10) care au devenit posibile abia odată cu apariția telescopului.

Criteriu	Modelul heliocentric	Succes
1. Bunul-simț	Imaginația și logica sunt în continuare supuse la grea încercare dacă îți închipui că Pământul s-ar putea învârti în jurul Soarelui	–
2. Perceperea mișcării	Galilei era pe cale să explice de ce nu simțim mișcarea de rotație a Pământului în jurul Soarelui	?
3. Căderea corpurilor	Dacă Pământul nu are o poziție centrală, nu există o explicație clară pentru căderea obiectelor; abia mai târziu Newton va explica gravitația în acest context	–
4. Paralaxa stelară	Pământul se mișcă, deci absența paralaxei stelare trebuie să se datoreze uriașelor distanțe până la stele; paralaxa ar trebui să fie detectată cu telescoape mai bune	?
5. Predicția orbitelor planetare	Concordanță perfectă prin contribuția lui Kepler	+
6. Mișcarea retrogradă a planetelor	Consecință directă a mișcării Pământului și a schimbării poziției de observare	+
7. Simplitate	Foarte simplu — toate obiectele urmează traiectorii eliptice	+
8. Fazele lui Venus	Prezice corect fazele observate	+
9. Pete pe Soare și pe Lună	Nu pun probleme — modelul nu face afirmații despre perfecțiunea sau imperfecțiunea corpurilor cerești	+
10. Lunile lui Jupiter	Nu pun probleme — modelul tolerează centri multipli	+

Copernicanii continuau totuşi să afirme că modelul heliocentric reprezenta realitatea pentru simplul motiv că Soarele se afla într-adevăr în centrul universului. Nu e de mirare că reacţia Bisericii a fost dură. În februarie 1616, un comitet consultativ al Inchiziţiei a declarat oficial că susţinerea perspectivei heliocentrice asupra universului era o erezie. În urma acestui edict, cartea lui Copernic *De revolutionibus* a fost interzisă în martie 1616, la 63 de ani după publicarea ei.

Galilei nu putea accepta condamnarea vederilor sale ştiinţifice de către Biserică. Deşi catolic devotat, era de asemenea un raţionalist fervent şi reuşise până atunci să împace cele două sisteme de credinţe. Ajunsese la concluzia că savanţii erau cei mai în măsură să-şi spună părerea despre lumea materială, în vreme ce teologii erau cei mai în măsură să vorbească despre lumea spirituală şi despre felul în care ar trebui să trăim în lumea materială. Galilei spunea: „Rostul Sfintei Scripturi e să-i înveţe pe oameni cum să ajungă la Cer, nu cum sunt alcătuite cerurile."

Dacă Biserica ar fi criticat modelul heliocentric identificând punctele slabe din raţionamente sau datele incomplete, Galilei şi colegii săi ar fi fost dispuşi să asculte, dar criticile ei erau pur ideologice. Galilei a ales să ignore opiniile cardinalilor şi, an după an, a continuat să susţină impunerea unei noi viziuni asupra universului. În cele din urmă, în 1623, a crezut că se ivise ocazia favorabilă de a răsturna convingerile larg răspândite, căci prietenul său cardinalul Maffeo Barberini a fost ales să ocupe tronul papal sub numele de Urban al VIII-lea.

Galilei şi noul papă se cunoscuseră pe când studiaseră la aceeaşi universitate din Pisa, iar, curând după alegerea sa, Urban al VIII-lea i-a acordat lui Galilei şase audienţe prelungite. În cursul uneia din ele, Galilei i-a vorbit despre ideea de a scrie o carte în care să compare cele două perspective rivale asupra universului, iar când a părăsit Vaticanul credea că primise binecuvântarea papei. S-a întors la studiile sale şi a început ceea ce s-a dovedit a fi una dintre cărţile cele mai aprig discutate din istoria ştiinţei.

În *Dialog despre cele două sisteme principale ale lumii*, Galilei a folosit trei personaje pentru a cerceta meritele perspectivelor heliocentrică şi geocentrică. Salviati, care prezenta punctul de vedere heliocentric, împărtăşit de Galilei, era fără îndoială un om inteligent, citit şi plin de elocinţă. Simplicio, bufonul, încerca să apere poziţia geocentrică. Salgredo juca rolul de mediator, conducând conversaţia

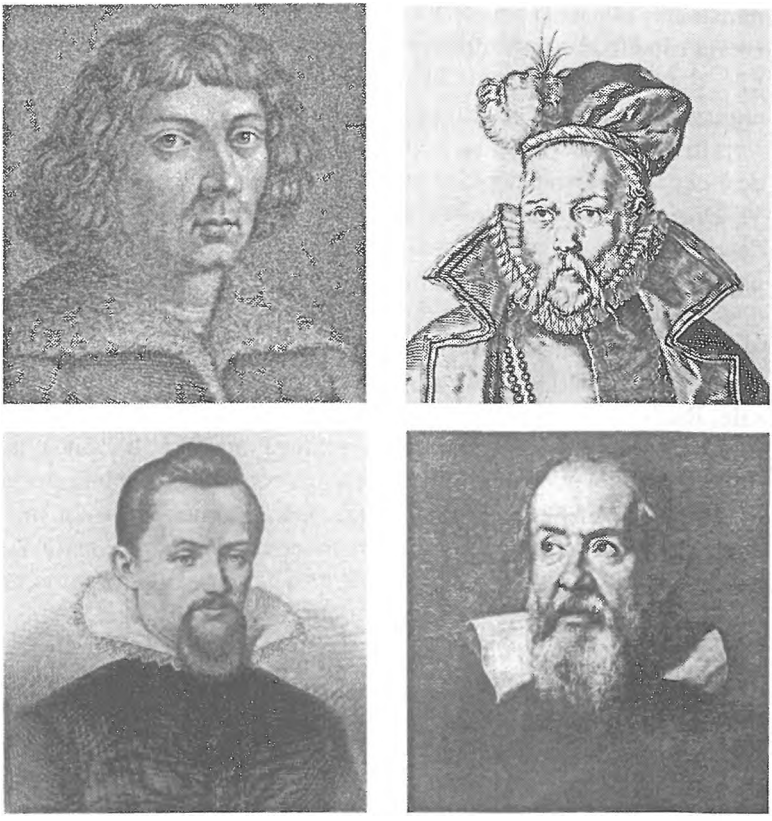


Figura 18 Copernic (stânga sus), Tycho (dreapta sus), Kepler (stânga jos) şi Galilei au fost cei care au impus modelul heliocentric în detrimentul celui geocentric. Realizările lor, luate împreună, ilustrează o trăsătură esenţială a progresului ştiinţific: teoriile şi modelele sunt dezvoltate şi îmbunătăţite de-a lungul timpului de mai mulţi savanţi, fiecare întemeindu-şi cercetările pe cele ale celorlalţi.

Copernic a făcut saltul conceptual de a degrada Pământul la rangul de satelit şi de a da Soarelui rolul central. Tycho Brahe a pus la dispoziţie dovezile observaţionale care l-au ajutat mai târziu pe Kepler să găsească greşeala din modelul lui Copernic, anume că orbitele planetare erau uşor eliptice şi nu perfect circulare. În fine, Galilei a folosit telescopul pentru a descoperi argumentul hotărâtor care ar fi trebuit să-i convingă pe sceptici. El a arătat că Pământul nu e centrul lumii, din moment ce Jupiter are propriii lui sateliţi. A arătat de asemenea că fazele lui Venus erau compatibile numai cu un univers heliocentric.

dintre celelalte două personaje, dar înclinațiile sale ieșeau uneori la iveală când îl certa pe Simplicio și își bătea joc de el. Era un text științific, dar folosirea personajelor pentru a prezenta argumente și contraargumente îl făcea accesibil unui public mai larg. Era, de asemenea, scris în italiană și nu în latină, așa încât devenea limpede scopul lui Galilei de a căpăta un sprijin popular în favoarea universului heliocentric.

Dialogul a fost în cele din urmă publicat în 1632, la aproape un deceniu după ce Galilei obținuse după toate aparențele aprobarea papei. Marele decalaj în timp între începerea lucrării și publicarea ei s-a dovedit a avea consecințe grave, pentru că Războiul de Treizeci de Ani transformase peisajul politic și religios, iar papa Urban al VIII-lea era acum gata să-l strivească pe Galilei, împreună cu argumentele sale. Războiul de Treizeci de Ani începuse în 1618, când un grup de protestanți au pătruns în palatul regal din Praga și i-au aruncat pe fereastră pe doi înalți demnitari, eveniment ce avea să fie înregistrat de istorie ca Defenestrarea de la Praga. Mânia oamenilor fusese provocată de persecuțiile repetate la care fuseseră supuși protestanții, iar gestul lor a declanșat o răscoală violentă a comunităților protestante din Ungaria, Transilvania, Boemia și alte părți ale Europei.

La vremea apariției *Dialogului*, războiul pârjolea continentul de 14 ani, iar Biserica Catolică era din ce în mai speriată de creșterea amenințării protestante. Papa trebuia să fie apărătorul puternic al credinței catolice și, ca parte a strategiei lui violent populiste, a hotărât o iscusită întoarcere cu 180 de grade: a condamnat scrierile blasfematoare ale tuturor savanților eretici care îndrăzniseră să pună în discuție viziunea tradițională geocentrică asupra universului.

O explicație mai personală pentru schimbarea sa bruscă de atitudine este că astronomii invidioși pe faima lui Galilei, împreună cu cardinalii mai conservatori, au stârnit un scandal arătând că existau asemănări între unele opinii mai vechi, naiv exprimate, ale papei despre astronomie și afirmațiile bufonului Simplicio. De pildă, Urban susținuse, aproape în aceiași termeni ca Simplicio, că un Dumnezeu atotputernic crease un univers fără vreo legătură cu legile fizicii, așa încât papa trebuie să se fi simțit jignit de răspunsul sarcastic pe care Salviati i-l dă lui Simplicio în *Dialog*: „Fără îndoială că Dumnezeu ar fi putut face să zboare păsări cu oase din aur masiv, vene umplute cu argint viu, carnea mai grea decât plumbul și aripi extrem de mici. Numai

că n-a făcut-o, iar asta pesemne că înseamnă ceva. Tu îl invoci la fiecare pas pe Dumnezeu doar ca să-ți ascunzi ignoranța."

Curând după publicarea *Dialogului*, Inchiziția i-a poruncit lui Galilei să apară în fața tribunalului sub acuzația de „bănuială gravă de erezie". Când Galilei a protestat spunând că e prea bolnav pentru a călători, Inchiziția l-a amenințat cu arestarea și aducerea lui în lanțuri la Roma, iar el a cedat și s-a pregătit de drum. În așteptarea sosirii lui Galilei, papa a încercat să confişte *Dialogul* și a poruncit tipografului să trimită toate exemplarele la Roma, dar era prea târziu — nu mai rămăsese nici un singur exemplar nevândut.

Procesul a început în aprilie 1633. Acuzația de erezie se concentra asupra conflictului între perspectiva lui Galilei și afirmația biblică după care „Dumnezeu a așezat pământul pe temeliile lui și niciodată nu se va clătina". Majoritatea membrilor Inchiziției au adoptat punctul de vedere exprimat de cardinalul Bellarmino: „A afirma că Pământul se rotește în jurul Soarelui e la fel de greșit cu a pretinde că Isus nu s-a născut dintr-o fecioară." Între cei zece cardinali care prezidau ședința tribunalului exista însă o facțiune cu vederi raționaliste condusă de Francesco Barberini, nepotul papei Urban al VIII-lea. Timp de două săptămâni, dovezile împotriva lui Galilei se înmulțeau, apărând chiar amenințarea torturii, dar Barberini a pledat mereu pentru blândețe și toleranță. În oarecare măsură, a avut succes. După ce a fost găsit vinovat, Galilei n-a fost nici executat, nici întemnițat, ci condamnat la arest la domiciliu pe termen nelimitat, iar *Dialogul* a fost trecut pe lista cărților interzise, *Index librorum prohibitorum*. Barberini a fost unul din cei trei judecători care nu au semnat sentința.

Procesul lui Galilei și pedeapsa care i-a urmat reprezintă unul dintre cele mai întunecate episoade din istoria științei, triumful iraționalului asupra logicii. La sfârșitul procesului, Galilei a fost silit să retracteze, să nege adevărul argumentelor sale. A reușit totuși să-și păstreze ceva din demnitate în numele științei. După pronunțarea sentinței, ridicându-se din genunchi, a murmurat cuvintele „*Eppur si muove*!" („Și totuși se mișcă!"). Cu alte cuvinte, adevărul e dictat de realitate, nu de Inchiziție. Indiferent de afirmațiile Bisericii, universul funcționează mai departe după propriile lui legi științifice imuabile, iar Pământul se rotește într-adevăr în jurul Soarelui.

Galilei a intrat în izolare. Obligat să rămână la el acasă, a continuat să cugete asupra legilor care guvernează universul, dar cercetările sale

au fost grav limitate când, în 1637, a orbit, pesemne din pricina unui glaucom provocat de faptul că a privit mult timp Soarele prin telescopul său. Marele observator nu mai putea observa. Galilei a murit pe 8 ianuarie 1642. Ca ultimă pedeapsă, Biserica a interzis înmormântarea sa într-un cimitir.

Întrebarea ultimă

Treptat, modelul heliocentric a fost larg acceptat de astronomi în cursul secolului următor, pe de o parte datorită acumulării observațiilor făcute cu telescoape mai bune, pe de alta fiindcă au apărut descoperiri teoretice care explicau fizica aflată în spatele modelului. Alt factor important a fost dispariția unei generații de astronomi. Moartea e un element esențial în progresul științei, căci îi ia în primire pe savanții conservatori ai unei generații precedente care refuză să se despartă de o teorie veche, falsă, și să îmbrățișeze o nouă teorie corectă. Încăpățânarea lor e de înțeles, fiindcă și-au clădit opera științifică de-o viață în jurul unui model, iar acum se trezesc confruntați cu abandonarea lui în favoarea unui nou model. Max Planck, unul dintre marii fizicieni ai secolului XX, spunea: „O inovație științifică importantă rareori își găsește calea impunându-se treptat și convertindu-i pe adversarii ei: rar se întâmplă ca Saul să devină Pavel. Ceea ce se întâmplă este că adversarii mor, iar noua generație se obișnuiește cu ideile de la bun început."

În paralel cu acceptarea perspectivei heliocentrice asupra universului de către astronomi, a apărut și o schimbare în atitudinea Bisericii. Teologii au înțeles că deveneau ridicoli dacă se încăpățânau să conteste ceea ce învățații considerau că reprezintă realitatea. Biserica și-a îmblânzit atitudinea față de astronomie și față de multe alte ramuri ale științei, deschizându-se astfel o nouă epocă de libertate intelectuală. De-a lungul secolului al XVIII-lea, savanții și-au îndreptat atenția spre o mare diversitate de probleme legate de lumea din jurul lor, înlocuind miturile supranaturale, erorile filozofilor și dogmele religioase cu explicații și răspunsuri naturale precise, logice, verificabile. Savanții au cercetat totul, de la natura luminii la procesul reproducerii și de la constituenții materiei la mecanica vulcanilor.

Şi totuşi, o întrebare rămânea flagrant ignorată, fiincă oamenii de ştiinţă erau convinşi că se afla dincolo de puterile lor, inaccesibilă oricărui efort raţional. Nimeni nu părea în stare să atace întrebarea ultimă: cum a fost creat universul? Oamenii de ştiinţă s-au mărginit să explice fenomenele naturale, iar creaţia universului era considerată un eveniment supranatural. În plus, o asemenea întrebare ar fi pus în pericol respectul reciproc stabilit între ştiinţă şi religie. Ideea actuală de big bang care se dispensează de orice divinitate ar fi părut eretică teologilor din secolul al XVIII-lea, aşa cum universul heliocentric mâniase Inchiziţia în secolul al XVII-lea. În Europa, Biblia continua să fie autoritatea indiscutabilă în tot ce ţinea de creaţia universului, iar majoritatea covârşitoare a savanţilor acceptau că Dumnnezeu crease Cerul şi Pământul.

Se părea că singurul subiect în discuţie era *când anume* crease Dumnezeu universul. Savanţii se cufundau în listele biblice de la facerea lumii, contabilizând anii scurşi între naşteri, punându-i la socoteală pe Adam, pe profeţi, pe regi etc. şi însumând cu atenţie. Existau destule incertitudini, aşa încât data estimată a creaţiei varia într-un interval de trei mii de ani, în funcţie de cel care făcea calculele. Regele Castiliei şi Leonului Alfonso al X-lea, de pildă, cel căruia i se datorează *Tabelele Alfonsine*, pomeneşte cea mai veche dată pentru creaţie, 6904 î.Cr., în timp ce Kepler prefera o dată dintre cele mai recente, 3992 î.Cr.

Calculul cel mai minuţios a fost efectuat de James Ussher, care a devenit arhiepiscop de Armagh în 1642. El a trimis un om în Orientul Mijlociu în căutarea celor mai vechi texte biblice, astfel încât estimarea lui să fie mai puţin supusă erorilor de transcriere şi de traducere. A făcut de asemenea eforturi imense pentru a corela cronologia Vechiului Testament cu un eveniment consemnat de istorie. În cele din urmă, a găsit că moartea lui Nabucodonosor era indirect menţionată în Cartea a Doua a Regilor, deci putea fi datată în termenii istoriei biblice; data morţii sale era consemnată într-o listă de regi babilonieni alcătuită de astronomul Ptolemeu, deci putea fi legată de cronologia modernă. Prin urmare, după multe socoteli şi cercetări istorice, Ussher putea afirma că data creaţiei era sâmbătă 22 octombrie 4004 î.Cr. Pentru a fi şi mai precis, Ussher a anunţat că timpul începuse la ora 6 p.m., în acea zi, întemeindu-se pe Cartea Facerii care spunea: „Şi a fost seară [...] prima zi."

Deşi poate părea o absurdă interpretare *ad litteram* a Bibliei, era cât se poate de firească într-o societate pentru care Scriptura era autoritatea absolută în marea problemă a creaţiei. Într-adevăr, data lui Ussher a fost recunoscută de Biserica Anglicană în 1701, iar de atunci şi până în secolul XX a fost tipărită în marginea primei pagini a Bibliei Regelui Iacob.* Chiar şi savanţii sau filozofii au acceptat data lui Ussher până spre jumătatea secolului al XIX-lea.

Când însă Charles Darwin şi-a publicat teoria evoluţiei prin selecţie naturală, a apărut o puternică presiune ştiinţifică pentru a pune în discuţie anul 4004 î.Cr. ca dată a creaţiei. Deşi Darwin şi partizanii săi găseau selecţia naturală cât se poate de convingătoare, ei trebuiau să recunoască faptul că era un mecanism teribil de încet pentru evoluţie, absolut incompatibil cu afirmaţia lui Ussher că lumea avea doar vârsta de şase mii de ani. S-au făcut prin urmare eforturi de a afla vârsta Pământului prin mijloace ştiinţifice, în speranţa că ea va fi de milioane sau chiar miliarde de ani.

Geologii din epoca victoriană au analizat ritmul depunerilor de rocă sedimentară şi au estimat că Pământul trebuie să aibă o vârstă de cel puţin câteva milioane de ani. În 1897, Lordul Kelvin a folosit o tehnică diferită: presupunând că la apariţia lui Pământul era fierbinte şi topit, a calculat că trebuiau să fi trecut cel puţin 20 de milioane de ani ca să se răcească până la temperatura actuală. Câţiva ani mai târziu, John Joly a pornit de la o presupunere diferită, şi anume că oceanele au fost la început pure, şi a estimat timpul necesar ca sarea să se dizolve pentru a se obţine salinitatea actuală, ceea ce părea să conducă spre o vârstă de aproximativ 100 de milioane de ani. La începutul secolului XX, fizicienii au arătat că radioactivitatea putea fi folosită pentru a data Pământul, iar în 1905 au estimat vârsta lui la 500 de milioane de ani. Îmbunătăţiri tehnice ale acestei metode au crescut în 1907 vârsta la peste un miliard de ani. Jocul datării s-a dovedit a fi o formidabilă provocare ştiinţifică, dar devenise limpede că fiecare nouă măsurătoare făcea ca Pământul să pară tot mai bătrân.

Pe măsură ce oamenii de ştiinţă erau martori la o uriaşă schimbare în estimarea vârstei Pământului, o transformare similară se petrecea

---

* *King James Bible* — cea mai cunoscută şi mai des citată versiune engleză a Bibliei, tradusă din ebraică şi greacă, tipărită în 1611 sub patronajul regelui Iacob I. (*N. t.*)

în perspectiva lor asupra universului. Înainte de secolul al XIX-lea, savanții acceptau în general punctul de vedere *catastrofist*, crezând că istoria universului poate fi explicată prin catastrofe. Cu alte cuvinte, lumea a fost creată și modelată printr-o serie de evenimente catastrofale bruște, cum ar fi o masivă înălțare a rocilor care a condus la apariția munților sau potopul biblic care a sculptat formațiunile geologice așa cum le vedem azi. Asemenea cataclisme erau esențiale pentru ca Pământul să fi căpătat forma actuală în cursul a doar câteva mii de ani. Dar, la sfârșitul secolului al XIX-lea, după ce Pământul a fost studiat mai amănunțit și în lumina celor mai recente rezultate ale datării eșantioanelor de roci, savanții s-au îndreptat spre o perspectivă *uniformistă* asupra lumii, crezând că transformările treptate și uniforme pot explica istoria universului. Uniformiștii erau convinși că munții n-au apărut peste noapte, ci s-au înălțat într-un ritm de câțiva milimetri pe an, în decursul a milioane de ani.

Partizanii tot mai numeroși ai uniformismului au ajuns la un consens: Pământul e mai vechi de un miliard de ani, iar universul trebuie prin urmare să fie și mai bătrân, poate infinit de bătrân. Un univers etern părea să fie pe placul comunității științifice, pentru că teoria avea o anume eleganță, simplitate și desăvârșire. Dacă universul exista dintotdeauna, nu era nevoie să explici cum, când, de ce și de cine a fost creat. Savanții erau foarte mândri că elaboraseră o teorie asupra universului care nu se sprijinea pe Dumnezeu și nu-l invoca.

Charles Lyell, cel mai cunoscut uniformist, afirma că începutul timpului era „dincolo de orizontul muritorilor". Această perspectivă a fost întărită de geologul scoțian James Hutton: „Rezultatul cercetării noastre este că nu găsim vreun vestigiu al unui început, nici vreo perspectivă pentru un sfârșit."

Uniformiștii erau pe aceeași lungime de undă cu vechi cosmologi greci precum Anaximandru, care susținea că planetele și stelele „se nasc și pier, în funcție de fiecare ciclu cosmic, în sânul nemărginitului".* Câteva decenii mai târziu, pe la 500 î.Cr., Heraclit din Efes vorbea la rândul lui despre natura eternă a universului: „Această lume, aceeași pentru toți, n-a făurit-o nici vreunul din zei, nici vreunul din

---

* *Filozofia greacă până la Platon. Partea I*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1979. (*N. t.*)

oameni. Ea a fost întotdeauna, este și va fi un foc veșnic viu, care după măsură se aprinde și după măsură se stinge."*

Așa se face că, pe la începutul secolului XX, oamenii de știință se mulțumeau cu ideea că trăiesc într-un univers etern. Această teorie se baza însă pe dovezi prea sărace. Deși datările conduceau spre un univers într-adevăr vechi, cel puțin de miliarde de ani, ideea că universul e etern se întemeia mai ales pe credință. Nu exista absolut nici o justificare științifică pentru a extrapola de la un Pământ vechi de cel puțin câteva milioane de ani la un univers etern. Desigur, un univers infinit de bătrân reprezenta o perspectivă cosmologică solidă și coerentă, dar, în absența dovezilor științifice, rămânea doar proiecția unei dorințe. De fapt, modelul universului etern era clădit pe baze atât de fragile încât ar merita probabil mai curând titlul de mit decât cel de teorie științifică. Modelul universului etern de la 1900 era aproape la fel de fantasmagoric ca explicația că uriașul zeu albastru Wulbari e cel care a despărțit cerul de pământ.

În cele din urmă, cosmologii au fost confruntați cu această situație neplăcută. Și, într-adevăr, în tot restul secolului XX s-au străduit să înlocuiască ultimul mare mit cu o explicație științifică rezonabilă și riguroasă. Au făcut imense eforturi pentru a elabora o teorie precisă și au căutat dovezi concrete în sprijinul ei, așa încât să poată răspunde la întrebarea ultimă: universul e etern sau a fost creat?

Lupta pentru istoria universului, finit sau infinit, a fost dusă de teoreticieni împătimiți, astronomi eroici și experimentatori străluciți. O alianță rebelă s-a încumetat să răstoarne rânduielile implacabile, folosind tot ce era mai nou în tehnică, de la telescoape gigantice până la sateliți spațiali. Efortul de a răspunde la întrebarea ultimă avea să ducă la una dintre cele mai mari, mai pasionante și mai cutezătoare aventuri din istoria științei.

---

* *Filozofia greacă până la Platon. Partea a II-a*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1979. (*N. t.*)

CAPITOLUL 1 - ÎNCEPUTURILE

REZUMAT

LA ÎNCEPUT, OAMENII EXPLICAU TOTUL PRIN MITURI, ZEI ȘI MONȘTRI.

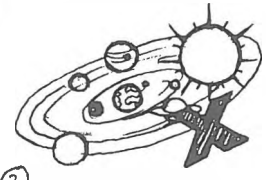
(1) ÎN SECOLUL AL VI-LEA Î. CR, ÎN GRECIA:
FILOZOFII AU ÎNCEPUT SĂ VORBEASCĂ DESPRE UNIVERS
ÎN TERMENII FENOMENELOR NATURALE (NU SUPRANATURALE).

PROTOSAVANȚII GRECI CĂUTAU TEORII ȘI MODELE CARE SĂ FIE:

- SIMPLE
- PRECISE
- NATURALE
- VIABILE

EI AU FOST ÎN STARE SĂ MĂSOARE DIMENSIUNEA PĂMÂNTULUI, A SOARELUI ȘI A LUNII, PRECUM ȘI DISTANȚELE DINTRE ELE, FĂCÂND APEL LA:

- EXPERIMENT / OBSERVAȚIE
- LOGICĂ / TEORIE (+ MATEMATICĂ)

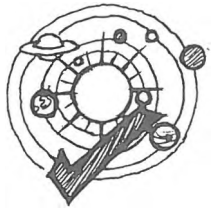


ASTRONOMII GRECI AU AJUNS LA UN MODEL GEOCENTRIC FALS, ÎN CARE SOARELE, STELELE ȘI PLANETELE SE ROTESC ÎN JURUL UNUI PĂMÂNT FIX.

(2) CÂND MODELUL GEOCENTRIC DĂDEA GREȘ, ASTRONOMII RĂSPUNDEAU CU SOLUȚII AH-HOC (DE EX. EPICICLURILE LUI PTOLEMEU EXPLICAU MIȘCAREA RETROGRADĂ A PLANETELOR).

TEOLOGII ÎI ÎNDEMNAU PE ASTRONOMI SĂ RĂMÂNĂ FIDELI MODELULUI GEOCENTRIC, CONFORM CU BIBLIA.

(3) ÎN SECOLUL AL XVI-LEA COPERNIC A ELABORAT UN MODEL HELIOCENTRIC AL UNIVERSULUI, ÎN CARE PĂMÂNTUL ȘI CELELALTE PLANETE SE ROTEAU ÎN JURUL SOARELUI.
ERA SIMPLU ȘI DESTUL DE PRECIS.



DIN PĂCATE, MODELUL HELIOCENTRIC A FOST IGNORAT PENTRU CĂ:

- AUTORUL LUI ERA PRACTIC NECUNOSCUT
- MODELUL SFIDA BUNUL-SIMȚ
- ERA MAI PUȚIN EXACT DECÂT MODELUL LUI PTOLEMEU
- CONSERVATORISMUL RELIGIOS (ȘI ȘTIINȚIFIC) ÎNĂBUȘA GÂNDIREA ORIGINALĂ.

(4) MODELUL LUI COPERNIC A FOST ÎMBUNĂTĂȚIT DE KEPLER FOLOSIND OBSERVAȚIILE LUI TYCHO. EL A ARĂTAT CĂ PLANETELE URMEAZĂ ORBITE (UȘOR) ELIPTICE, NU CIRCULARE. ACUM, MODELUL HELIOCENTRIC ERA MAI SIMPLU ȘI MAI PRECIS DECÂT MODELUL GEOCENTRIC.

(5) GALILEI A SUSȚINUT MODELUL HELIOCENTRIC. EL A FOLOSIT TELESCOPUL, CARE A DEZVĂLUIT CĂ JUPITER ARE LUNI, SOARELE ARE PETE, IAR VENUS ARE FAZE, CEEA CE CONTRAZICEA VECHEA TEORIE ȘI O CONFIRMA PE CEA NOUĂ.

GALILEI A SCRIS O CARTE ÎN CARE EXPLICA DE CE MODELUL HELIOCENTRIC ERA CORECT. DIN PĂCATE, ÎN 1633, BISERICA L-A PERSECUTAT PE GALILEI ȘI L-A OBLIGAT SĂ RETRACTEZE.

ÎN SECOLELE URMĂTOARE, BISERICA A DEVENIT MAI TOLERANTĂ. ASTRONOMII AU ADOPTAT MODELUL HELIOCENTRIC, IAR ȘTIINȚA A ÎNFLORIT.

(6) PE LA 1900, COSMOLOGII AU TRAS CONCLUZIA CĂ UNIVERSUL N-A FOST CREAT, CI EXISTA DINTOTDEAUNA. NU AVEAU ÎNSĂ NICI O DOVADĂ ÎN SPRIJINUL ACESTEI TEORII. IPOTEZA UNIVERSULUI ETERN NU ERA DECÂT UN MIT.

(7) COSMOLOGII DIN SECOLUL XX S-AU ÎNTORS LA MAREA ÎNTREBARE ȘI AU ABORDAT-O ȘTIINȚIFIC

UNIVERSUL A FOST CREAT?
SAU
A EXISTAT DINTOTDEAUNA?

Capitolul 2

TEORII ALE UNIVERSULUI

[Teoria relativității a lui Einstein] este probabil cea mai mare realizare sintetică a minții umane până în prezent.

BERTRAND RUSSELL

E ca și cum un zid ce ne despărțea de Adevăr s-ar fi prăbușit. Întinderi mai vaste și adâncimi mai mari se dezvăluie acum ochiului scrutător al cunoașterii, regiuni pe care nici măcar nu le bănuisem. Am ajuns mult mai aproape de înțelegerea planului aflat în spatele tuturor evenimentelor fizice.

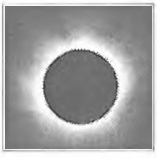
HERMANN WEIL

Anii petrecuți în întuneric, în căutarea asiduă a unui adevăr pe care-l simți, dar nu-l poți exprima, dorința intensă și trecerea de la încredere la îndoială, iar în cele din urmă ieșirea la lumină — numai cei care au trecut prin asta pot înțelege.

ALBERT EINSTEIN

E imposibil să călătorești mai repede decât lumina, și fără îndoială nici nu-i de dorit, fiindcă îți zboară mereu pălăria.

WOODY ALLEN



Pe la începutul secolului XX, cosmologii au elaborat și testat diverse modele ale universului. Aceste modele au apărut pe măsură ce fizicienii au ajuns la o înțelegere tot mai bună a universului și a legilor științifice care stau la baza lui. Din ce substanțe e alcătuit universul și cum se comportă ele? Ce se află în spatele forței gravitaționale și cum guvernează gravitația interacțiunile dintre stele și planete? Dacă universul se întinde în spațiu și evoluează în timp, ce anume înțeleg fizicienii prin spațiu și timp? Pentru a răspunde la toate aceste întrebări fundamentale, fizicienii trebuiau mai întâi să-și pună o întrebare aparent simplă și inocentă: care este viteza luminii?

Când vedem strălucirea unui fulger, aceasta se datorează faptului că fulgerul emite lumină, iar lumina trebuie să călătorească mai mulți kilometri pentru a ajunge la ochii noștri. Filozofii din Antichitate se întrebau în ce fel viteza luminii afectează actul privirii. Dacă lumina călătorește cu viteză finită, atunci trece un timp până să ajungă la noi, așa încât în momentul în care vedem fulgerul s-ar putea ca în realitate el să nu mai existe. Dacă însă lumina călătorește infinit de repede, atunci ea ajunge instantaneu la ochii noștri, iar noi vedem fulgerul chiar în clipa când se produce. Alegerea scenariului corect dintre cele două se afla dincolo de capacitățile anticilor.

Se putea pune aceeași întrebare în legătură cu sunetul, dar de data asta răspunsul era mai simplu. Tunetul și fulgerul sunt produse simultan, însă noi auzim tunetul după ce vedem fulgerul. Pentru filozofii antici părea rezonabilă presupunerea că sunetul are o viteză finită și călătorește fără îndoială mult mai încet decât lumina. Ei au elaborat astfel o teorie a luminii și sunetului întemeiată pe următorul lanț incomplet de raționamente:

1. Trăsnetul produce lumină și sunet.
2. Lumina călătorește spre noi fie foarte repede, fie cu viteză infinită.
3. Vedem fulgerul foarte curând după eveniment sau instantaneu.
4. Sunetul călătorește cu viteză mai mică (aproximativ 1 000 km/h).
5. Auzim prin urmare tunetul ceva mai târziu, în funcție de distanța față de locul unde se produce trăsnetul.

Dar întrebarea fundamentală privind viteza luminii — dacă e finită sau infinită — a continuat timp de veacuri să frământe mințile cele mai strălucite. În secolul al IV-lea î.Cr., Aristotel susținea că lumina călătorește cu viteză infinită, așa încât evenimentul și observarea lui sunt simultane. În secolul al XI-lea d.Cr., savanții arabi Ibn Sina și al-Haytham au adoptat perspectiva diferită: viteza luminii, deși extrem de mare, e totuși finită, prin urmare orice eveniment poate fi observat numai după un timp de la petrecerea lui.

Exista evident o divergență de opinii, dar disputa a rămas pur filozofică până în 1638, când Galilei a propus o metodă de măsurare a vitezei luminii. Doi observatori înarmați cu felinare și obloane urmau să se așeze la distanță unul de altul. Primul trebuia să emită un semnal spre cel de-al doilea, care i-ar răspunde imediat cu un alt semnal. Atunci primul observator ar putea estima viteza luminii măsurând intervalul de timp între transmiterea și recepționarea semnalelor. Din păcate, Galilei era deja orb și se afla în arest la domiciliu atunci când i-a venit ideea, așa că n-a mai putut efectua experimentul.

În 1667, la douăzeci și cinci de ani după moartea lui Galilei, celebra Accademia del Cimento de la Florența s-a hotărât să pună la încercare ideea lui Galilei. La început, cei doi observatori stăteau la distanță relativ mică. Unul lumina cu felinarul, iar celălalt răspundea la fel când vedea semnalul. Primul a estimat timpul între transmiterea semnalului inițial și apariția răspunsului, iar rezultatul a fost o fracțiune de secundă. Dar aceasta putea fi pusă pe seama timpilor de reacție ai observatorilor. Experimentul a fost repetat de mai multe ori, cei doi îndepărtându-se treptat unul de altul și măsurând timpul de răspuns pe distanțe tot mai mari. Dacă timpul de răspuns ar fi crescut odată cu distanța, aceasta ar fi indicat o viteză a luminii finită și relativ scăzută, însă timpul de răspuns a rămas constant, ceea ce însemna că viteza luminii era fie infinită, fie atât de mare, încât timpul în care lumina străbătea distanța dintre observatori era insignifiant în comparație cu timpii lor de reacție. Experimentatorii nu puteau trage decât concluzia că viteza luminii se

afla undeva între 10 000 km/h şi infinit. Dacă ar fi fost mai mică, ei ar fi detectat o creştere constantă a duratei dintre semnale pe măsură ce observatorii se îndepărtau unul de altul.

Întrebarea dacă viteza luminii e finită sau infinită a rămas fără răspuns până când astronomul danez Ole Römer a atacat problema câţiva ani mai târziu. În tinereţe lucrase la vechiul observator al lui Tycho Brahe de la Uraniborg, măsurând poziţia exactă a observatorului, aşa încât datele lui Tycho să poată fi corelate cu cele obţinute în alte locuri din Europa. Bucurându-se de reputaţia de excelent observator al cerului, în 1672 i s-a oferit un post la prestigioasa Academie de Ştiinţă din Paris, înfiinţată cu scopul de a oferi savanţilor posibilitatea de a-şi efectua cercetările independent, fără să se afle la cheremul capriciilor unor regi, regine sau papi. La Paris, colegul academician Giovanni Domenico Cassini l-a încurajat pe Römer să studieze o ciudată anomalie legată de lunile lui Jupiter, mai exact de Io. Fiecare lună ar trebui să se rotească în jurul lui Jupiter în mod perfect regulat, la fel cum Luna se roteşte în jurul Pământului, aşa încât astronomii au fost uimiţi să descopere că perioadele lui Io erau uşor neregulate. Uneori Io apărea din spatele lui Jupiter mai devreme cu câteva minute decât se prevedea, alteori cu câteva minute mai târziu. O lună n-ar fi trebuit să se comporte în felul ăsta, iar toată lumea era nedumerită de atitudinea extravagantă a lui Io.

Pentru a dezlega misterul, Römer a studiat în amănunt un tabel alcătuit de Cassini şi care conţinea poziţiile şi momentele apariţiei lui Io. Nimic n-avea sens, până când Römer a început să înţeleagă că ar fi putut explica totul dacă lumina ar avea o viteză finită, după cum se arată în figura 19. Pământul şi Jupiter se aflau uneori de aceeaşi parte a Soarelui, iar alteori de-o parte şi de alta a Soarelui, la mare distanţă. Când Pământul şi Jupiter erau la distanţă maximă, lumina trebuia să străbată cu 300 000 000 km mai mult pentru a ajunge la Pământ, în raport cu situaţia în care distanţa era minimă. Dacă lumina ar avea o viteză finită, atunci i-ar lua mai mult timp pentru a străbate această distanţă suplimentară, ceea ce ar face ca Io să rămână în urmă faţă de „orarul" său. Pe scurt, Römer a susţinut că aparentele neregularităţi nu se datorau lui Io, ci erau o iluzie provocată de timpii diferiţi în care lumina străbătea distanţe diferite pentru a ajunge de la Io pe Pământ.

Pentru a înţelege mai bine ce se întâmplă, închipuiţi-vă că vă aflaţi lângă un tun care trage câte o salvă exact din oră în oră. Auziţi tunul,

dați drumul cronometrului și porniți cu mașina în linie dreaptă cu viteza de 100 km/h, așa încât vă aflați la distanța de 100 km când tunul trage o nouă salvă. Opriți mașina și auziți un bubuit foarte îndepărtat. Dat fiind că sunetul se propagă cu aproximativ 1 000 km/h, între prima salvă și a doua se scurg 66 de minute, și nu 60. Cele 66 de minute reprezintă 60 de minute ale intervalului real dintre salve plus 6 minute în care sunetul celei de-a doua salve străbate 100 km pentru a ajunge la urechile voastre. Salvele tunului sunt perfect regulate, dar constatați o întârziere de 6 minute datorită vitezei finite a sunetului și noii voastre poziții.

După trei ani în care a analizat momentele observate ale apariției și dispariției lui Io, precum și pozițiile relative ale Pământului și planetei Jupiter, Römer a putut estima că viteza luminii este de 190 000 km/s. În realitate, valoarea ei este de aproape 300 000 km/s, dar important era că Römer demonstrase că viteza luminii e finită și obținuse o valoare care nu era flagrant falsă. Vechea controversă fusese în fine tranșată.

Cassini a fost însă consternat când Römer și-a anunțat rezultatul, fiindcă numele lui nu fusese pomenit, deși calculul se bazase în mare măsură pe observațiile sale. Cassini l-a criticat violent pe Römer și a devenit purtătorul de cuvânt al majorității care îmbrățișa mai departe ideea că viteza luminii era infinită. Römer nu s-a sinchisit și a folosit valoarea finită a vitezei luminii pentru a prezice că o eclipsă a lui Io din 9 noiembrie 1676 urma să aibă loc cu zece minute mai târziu decât afirmaseră oponenții săi. Iar, ca într-un scenariu clasic în care poți exclama „v-am spus eu!", eclipsa lui Io a avut loc într-adevăr cu câteva minute întârziere față de program. Se dovedea că Römer avea dreptate, iar el a publicat încă o lucrare confirmând măsurătoarea sa asupra vitezei luminii.

Prezicerea eclipsei ar fi trebuit să tranșeze controversa o dată pentru totdeauna. Numai că, așa cum am văzut deja în disputa dintre modelul heliocentric și cel geocentric, factori dincolo de logică și rațiune influențează consensul științific. Cassini era mai în vârstă decât Römer și i-a supraviețuit acestuia, așa încât, prin intrigi politice și pur și simplu rămânând în viață, și-a putut impune ideile împotriva demonstrației lui Römer că viteza luminii e finită. Dar, câteva decenii mai târziu, Cassini și colegii săi au lăsat loc unei noi generații de sa-

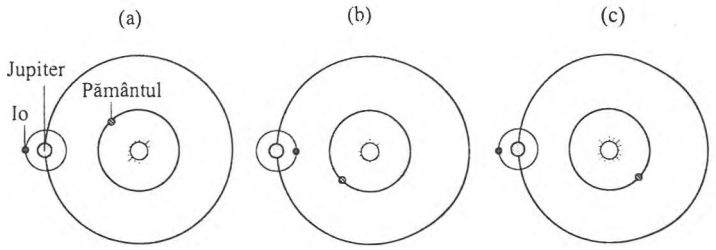


Figura 19 Ole Römer a măsurat viteza luminii studiind mișcările lui Io, satelitul lui Jupiter. Aceste desene reprezintă o versiune ușor modificată a metodei folosite în realitate de Römer. În desenul (a) Io este pe punctul de a dispărea în spatele lui Jupiter; în desenul (b) Io a efectuat o jumătate de revoluție, așa încât se află în fața lui Jupiter. Între timp, Jupiter s-a deplasat foarte puțin, iar Pământul s-a deplasat semnificativ, pentru că Pământul se rotește în jurul Soarelui de douăsprezece ori mai repede decât Jupiter. Un astronom de pe Pământ măsoară timpul scurs între (a) și (b), adică timpul în care Io efectuează o jumătate de revoluție.

În desenul (c) Io a efectuat încă o jumătate de revoluție, revenind în poziția inițială, în timp ce Pământul a ajuns într-o nouă poziție, mai îndepărtată de Jupiter. Astronomul măsoară timpul între (b) și (c), care ar trebui să fie egal cu timpul între (a) și (b), dar se dovedește a fi sensibil mai lung. Motivul pentru care apare acest timp suplimentar este că luminii venind de la Io îi ia ceva mai mult timp pentru a străbate distanța suplimentară până la Pământ din desenul (c), fiindcă Pământul se află acum mai departe de Jupiter. Decalajul temporal și distanța de la Pământ la Jupiter pot fi folosite pentru a estima viteza luminii. (Distanțele parcurse de Pământ în aceste desene sunt exagerate pentru că perioada de revoluție a lui Io în jurul lui Jupiter e mai mică de două zile. Schimbarea poziției lui Jupiter ar complica de asemenea lucrurile.)

vanți care au privit cu obiectivitate concluzia lui Römer, au testat-o și au acceptat-o.

Odată ce oamenii de știință stabiliseră că viteza luminii e finită, ei au încercat să rezolve un alt mister legat de propagarea ei: care era mediul răspunzător pentru deplasarea ei? Se știa că sunetele se pot deplasa printr-o mulțime de medii — oamenii care vorbesc transmit unde sonore prin mediul format de aerul gazos, balenele își transmit cântecele una alteia prin mediul apei lichide, iar noi ne putem auzi dinții clănțănind prin mediul oaselor solide dintre dinți și urechi. Lumina poate de asemenea străbate gaze, lichide și solide, așa cum sunt aerul, apa și sticla, dar există o diferență fundamentală între lumină

și sunet, după cum a demonstrat Otto von Guericke, primarul orașului german Magdeburg, care a efectuat o faimoasă serie de experimente în 1657.

Von Guericke inventase prima pompă de vid și dorea să exploreze proprietățile stranii ale vidului. În cadrul unuia dintre experimente, a așezat față în față două emisfere mari de bronz și a evacuat aerul din interior, așa încât ele să se comporte ca două ventuze foarte puternice. Apoi, într-o superbă și spectaculoasă demonstrație științifică, a arătat că două atelaje a câte opt cai nu puteau despărți emisferele.

Într-un experiment ceva mai delicat, von Guericke a început să scoată aerul dintr-o incintă de sticlă conținând un clopot care suna. Când aerul a fost evacuat, publicul n-a mai putut auzi sunetul, dar vedea în continuare limba lovind clopotul. Era deci limpede că sunetul nu se propaga prin vid. În același timp, experimentul demonstra că lumina se propagă prin vid, din moment ce clopotul nu dispărea, iar incinta de sticlă nu se întuneca. Ciudat lucru, dacă lumina putea călători prin vid, atunci ceva putea călători prin nimic.

Confruntați cu acest paradox, savanții au început să se întrebe dacă vidul e într-adevăr gol. Din incintă fusese evacuat aerul, dar poate că înăuntru mai rămăsese ceva, ceva ce permitea vidului să transporte lumina. În secolul al XIX-lea, fizicienii au emis ipoteza că întregul univers e îmbibat cu o substanță numită *eter luminos*, care acționează cumva ca mediu pentru propagarea luminii. Această substanță ipotetică trebuia să aibă anumite proprietăți remarcabile, după cum a subliniat Lordul Kelvin, marele savant din epoca victoriană:

> Ce este așadar eterul luminos? Este o materie incomparabil mai puțin densă decât aerul — de milioane și milioane și milioane de ori mai puțin densă decât aerul. Ne putem face o idee asupra caracteristicilor sale. Credem că este un lucru real, având o mare rigiditate în raport cu densitatea lui: poate fi făcut să vibreze de 400 de milioane de milioane de ori pe secundă; și totuși, are o asemenea densitate încât nu opune nici cea mai mică rezistență unui corp care îl străbate.

Cu alte cuvinte, eterul era incredibil de tare, dar straniu de inconsistent. Era de asemenea transparent, lipsit de frecare și inert chimic. Se afla pretutindeni în jurul nostru, însă era foarte greu de identificat, căci nimeni nu-l zărise, nu-l apucase și nu se lovise vreodată de el.

Şi totuşi, Albert Michelson, primul american laureat al premiului Nobel pentru fizică, credea că poate demonstra existenţa lui.

Evrei fiind, părinţii lui Michelson au părăsit Prusia din cauza persecuţiilor în 1854, pe când el avea doar doi ani. A crescut şi a studiat la San Francisco, apoi a urmat Academia Navală, unde a obţinut note proaste la navigaţie, dar excelente la optică, ceea ce l-a făcut pe comandantul Academiei să spună: „Dacă în viitor ai da mai puţină atenţie chestiilor ăstora ştiinţifice şi te-ai concentra mai mult pe artileria navală, într-o bună zi ai putea ajunge să ştii destule pentru a fi de oarecare folos ţării tale." Michelson a început să se ocupe exclusiv de optică, iar în 1878, la doar douăzeci şi cinci de ani, a determinat că valoarea vitezei luminii este de 299 910 ± 50 km/s, estimare de douăzeci de ori mai precisă decât oricare alta din trecut.

Apoi, în 1880, Michelson a conceput un experiment prin care spera să demonstreze existenţa eterului purtător de lumină. Aparatul lui diviza un fascicul de lumină în două fascicule perpendiculare. Un fascicul se deplasa în direcţia de mişcare a Pământului prin spaţiu, iar celălalt într-o direcţie perpendiculară pe primul fascicul. Ambele parcurgeau distanţe egale, se reflectau pe oglinzi şi se întorceau pentru a se combina într-un singur fascicul. La combinare, ele sufereau un proces numit interferenţă, care îi permitea lui Michelson să compare cele două fascicule şi să identifice orice discrepanţă între timpii de propagare.

Michelson ştia că Pământul se deplasează cu aproximativ 100 000 km/h în jurul Soarelui, ceea ce însemna probabil că trece şi prin eter cu această viteză. Cum eterul se presupunea a fi un mediu continuu umplând universul, deplasarea Pământului prin univers ar fi provocat un fel de *vânt eteric*. Acesta ar fi asemănător cu pseudovântul pe care-l simţi când mergi cu o maşină decapotabilă într-o zi liniştită — nu există cu adevărat vânt, dar pare să fie din pricina propriei tale mişcări. În consecinţă, dacă lumina e transportată prin şi de către eter, viteza ei ar trebui să fie afectată de vântul eteric. Mai exact, în experimentul lui Michelson un fascicul de lumină s-ar deplasa în direcţia şi împotriva direcţiei vântului eteric, deci viteza lui ar trebui să fie semnificativ afectată, iar celălalt s-ar deplasa perpendicular pe vântul eteric, deci viteza lui ar trebui să fie mai puţin afectată. Dacă timpii de deplasare ai celor două fascicule ar fi diferiţi, atunci Michelson ar putea folosi această discrepanţă ca o dovadă puternică în favoarea existenţei eterului.

Experimentul pentru detectarea eterului era complicat, aşa încât Michelson a explicat premisa de la care pornea printr-o problemă propusă spre rezolvare:

> Să presunem că avem un râu lat de 100 de picioare* şi doi înotători care înoată cu aceeaşi viteză, să zicem 5 picioare pe secundă. Râul curge cu viteza constantă de 3 picioare pe secundă. Înotătorii se întrec în felul următor: pornesc amândoi din acelaşi punct de pe un mal. Unul înoată exact perpendicular pe râu, către punctul cel mai apropiat de pe malul opus, apoi se întoarce. Celălalt rămâne lângă malul râului înotând în sensul curentului o distanţă (măsurată de-a lungul malului) riguros egală cu lăţimea râului, apoi se întoarce la punctul de pornire. Cine câştigă cursa? [Vezi figura 20 pentru soluţie.]

Pentru experimentul lui, Michelson a căutat cele mai bune surse de lumină şi oglinzi, iar aparatul a fost montat luându-se toate precauţiile. Totul a fost aliniat cu atenţie, nivelat şi lustruit. Pentru a creşte sensibilitatea echipamentului şi a scădea la minimum erorile, el a aşezat instalaţia principală într-o baie mare cu mercur, izolând-o astfel de influenţe externe cum ar fi trepidaţiile provocate de paşii unor persoane aflate la distanţă. Scopul experimentului era să demonstreze existenţa eterului, iar Michelson făcuse tot ce-i stătuse în putere pentru a spori la maximum şansele detectării lui — şi a fost cu atât mai uimit de eşecul lui total de a detecta vreo diferenţă între timpii de sosire ai celor două fascicule de lumină perpendiculare. Nu apărea nici un semn al eterului. Rezultatul era şocant.

Disperat să afle ce nu fusese în regulă, Michelson şi l-a asociat pe chimistul Edward Morley. Au reconstruit împreună aparatul, îmbunătăţind fiecare dispozitiv, aşa încât experimentul să fie şi mai sensibil, şi au refăcut măsurătorile în repetate rânduri. În cele din urmă, în 1887, după şapte ani de experimente, şi-au publicat rezultatele definitive. Nu dăduseră peste nici o urmă a eterului. Au fost deci obligaţi să conchidă că eterul nu există.

Ţinând cont de proprietăţile sale ridicole — se presupunea că e substanţa cea mai puţin densă şi în acelaşi timp cea mai rigidă din univers —, n-ar fi trebuit să surprindă pe nimeni că eterul era o ficţiune. Şi totuşi, savanţii nu se grăbeau să renunţe la el, fiindcă fusese singura cale prin care se putea explica transmiterea luminii. Chiar şi

---

* Un picior reprezintă aproximativ 30 cm. (*N. t.*)

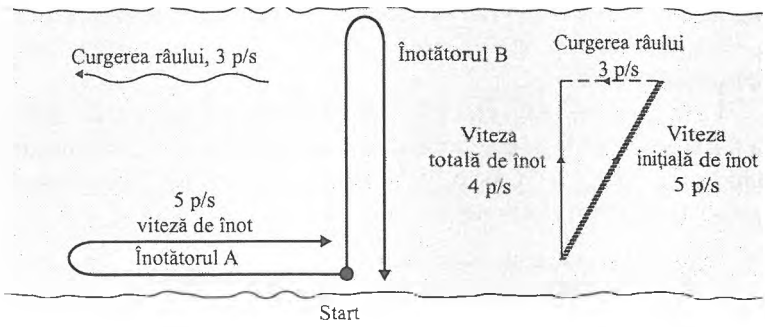


Figura 20 Albert Michelson a folosit problema înotătorilor pentru a explica experimentul lui privind eterul. Cei doi înotători joacă același rol cu cele două fascicule de lumină îndreptate în direcții perpendiculare și care se întorc apoi în același punct de pornire. Unul înoată întâi în sensul curentului, pe urmă în sens invers, în timp ce al doilea înoată perpendicular pe curent — exact așa cum fasciculele de lumină călătoresc unul în sensul și împotriva vântului eteric, iar celălalt perpendicular pe vântul eteric. Problema e să afli cine câștigă o cursă desfășurată pe distanța de 200 de picioare, știut fiind că ambii înoată cu viteza de 5 picioare pe secundă în apă stătătoare. Înotătorul A parcurge 100 de picioare în aval și înapoi 100 de picioare în amonte, în timp ce înotătorul B traversează râul înainte și înapoi, parcurgând de asemenea de două ori distanța de 100 de picioare. Râul curge cu viteza de 3 p/s.

Timpul înotătorului A, în aval și în amonte, este ușor de calculat. Când înoată în sensul curentului, viteza lui totală este de 8 p/s (5 p/s + 3 p/s), deci parcurge cele 100 de picioare în 12,5 secunde. La întoarcere, înotând împotriva curentului, viteza lui este de doar 2 p/s (5 p/s – 3 p/s), deci parcurge 100 de picioare în 50 de secunde. Prin urmare, timpul total în care înoată 200 de picioare este de 62,5 s.

Traversând râul perpendicular, B trebuie să înoate oblic pentru a compensa curentul. Teorema lui Pitagora ne spune că, dacă înoată cu 5 p/s în direcția corectă, va exista o componentă în amonte a vitezei având valoarea de 3 p/s, care anulează efectul curentului, și o componentă perpendiculară pe curent de 4 p/s. Prin urmare, traversează râul lat de 100 de picioare în 25 de secunde, iar timpul total în care parcurge 200 de picioare este de 50 de secunde.

Deși ambii înoată cu aceeași viteză în apă stătătoare, cel care traversează curentul câștigă cursa împotriva celui care se deplasează în aval și în amonte. Michelson se aștepta deci ca fasciculul de lumină ce se deplasează perpendicular pe vântul eteric să străbată distanța mai repede decât fasciculul care se deplasează în sensul și împotriva vântului eteric. El a proiectat un experiment ca să verifice dacă așa stau lucrurile.

lui Michelson i-a venit greu să-şi accepte propria concluzie. A pomenit o dată de „dragul şi bătrânul eter, acum părăsit, deşi eu parcă nu m-aş desprinde de el".

Criza inexistentului eter a fost sporită de faptul că se presupunea a fi răspunzător de propagarea nu doar a luminii, dar şi a câmpurilor electric şi magnetic. Cumplita situaţie a fost expresiv rezumată de scriitorul Banesh Hoffman:

> Întâi am avut eterul luminos unic
> Apoi am avut eterul electromagnetic
> Iar acum avem doar eter(n)ul nimic.

Astfel, spre sfârşitul secolului al XIX-lea Michelson demonstrase că eterul nu exista. Ironia sorţii face ca el să-şi fi întemeiat cariera ştiinţifică pe o serie de experimente optice încununate de succes, dar marele său triumf i-a fost adus de un experiment eşuat. Scopul său permanent a fost să demonstreze existenţa eterului, nu absenţa lui. Fizicienii trebuiau acum să accepte că lumina se poate deplasa cumva prin vid — printr-un spaţiu lipsit de orice mediu.

Realizarea lui Michelson ceruse aparatură experimentală scumpă şi sofisticată şi ani de efort susţinut. Cam pe la aceeaşi vreme, un adolescent singuratic care nu ştia nimic despre rezultatele experimentale ale lui Michelson ajunsese şi el la concluzia că eterul nu există, însă doar pe baza argumentelor teoretice. Numele său era Albert Einstein.

Experimentele mintale ale lui Einstein

Cutezanţa tinerească, iar apoi deplina înflorire a geniului său se datorează în mare parte firii lui Einstein, curiozităţii formidabile faţă de tot ce-l înconjura. De-a lungul bogatei sale cariere înnoitoare şi vizionare, n-a încetat nici o clipă să-şi pună întrebări despre legile profunde care guvernează universul. Încă de la cinci ani a fost fascinat de misterul funcţionării unei busole dăruite de tatăl lui. Ce era acea forţă invizibilă care mişca acul busolei şi îl îndrepta mereu către Nord? Natura magnetismului l-a obsedat toată viaţa — tipic pentru setea nestăvilită a lui Einstein de a explora fenomene aparent banale.

Einstein avea să-i spună biografului său, Carl Selig: „Nu am vreo înzestrare deosebită. Sunt doar pătimaş de curios." Tot el făcea

observația: „Important e să nu încetezi să-ți pui întrebări. Curiozitatea își are propria ei rațiune de-a fi. Nu poți să nu te umpli de venerație când contempli misterele eternității, ale vieții, ale miraculoasei alcătuiri a realității. E de-ajuns dacă încerci să înțelegi măcar puțin din acest mister în fiecare zi." Isidor Isaac Rabi, laureat al premiului Nobel, avea să revină asupra ideii: „Cred că fizicienii sunt un fel de Peter Pani ai rasei umane. Nu se maturizează niciodată și-și păstrează curiozitatea."

În această privință, Einstein avea multe în comun cu Galilei. „Suntem asemeni unui copil care intră într-o bibliotecă uriașă, cu pereții acoperiți până în tavan de cărți scrise în multe limbi diferite" — spunea odată Einstein. Galilei făcuse o analogie similară, cu deosebirea că întreaga bibliotecă a naturii o condensase într-o singură mare carte, scrisă într-o unică limbă, pe care curiozitatea îl îndemna s-o descifreze: „E scrisă în limbajul matematicii, iar caracterele ei sunt triunghiuri, cercuri și alte figuri matematice, fără de care e omenește imposibil să înțelegi un singur cuvânt din ea; în absența lor, rătăcești printr-un labirint întunecos."

Pe Galilei și pe Einstein îi lega de asemenea un interes comun față pe principiul relativității. Galilei fusese cel care descoperise principiul relativității, dar Einstein avea să-l exploateze pe deplin. Simplu spus, relativitatea galileană susține că toate mișcările sunt relative, ceea ce înseamnă că e imposibil să afli dacă te miști sau nu fără să te raportezi la un sistem de referință exterior. În *Dialog*, Galilei arăta cât se poate de limpede ce înțelegea el prin relativitate:

> Închide-te împreună cu un prieten în cabina principală de sub puntea unei corăbii mari și ia cu tine câteva muște, câțiva fluturi și alte insecte zburătoare. Ia și un lighean mare cu apă în care sunt niște pești; atârnă o sticlă care se golește picătură cu picătură într-un vas de sub ea. Când corabia e nemișcată, observă cu atenție cum insectele zboară cu viteză egală în toate direcțiile din cabină; cum peștii înoată la fel în toate direcțiile; cum picăturile cad în vas. Și, atunci când arunci prietenului un obiect, nu trebuie să arunci mai tare într-o direcție decât în alta, distanțele fiind egale; și, sărind cu ambele picioare deodată, parcurgi spații egale în fiecare direcție.
>
> După ce ai observat toate acestea cu atenție [...], lasă corabia să înainteze cu orice viteză vrei, atâta timp cât mișcarea e uniformă și nu variază într-un fel sau altul. Nu vei găsi nici cea mai mică

schimbare în toate efectele menționate, și nici nu vei putea determina, pornind de la ele, dacă acea corabie se mișcă sau stă pe loc.

Cu alte cuvinte, atâta timp cât te miști cu viteză constantă în linie dreaptă, nu există nici un mijloc prin care să determini cât de repede te deplasezi, sau dacă într-adevăr te deplasezi. Asta se întâmplă pentru că în jurul tău totul se deplasează cu aceeași viteză, iar toate fenomenele (sticle care picură, fluturi care zboară etc.) se petrec la fel, indiferent dacă te miști sau rămâi pe loc. De asemenea, scenariul lui Galilei are loc în „cabina principală de sub punte", astfel încât ești izolat, ceea ce zădărnicește orice speranță de a detecta vreo mișcare relativă raportându-te la un sistem de referință exterior. Dacă te izolezi într-un mod asemănător stând cu ochii închiși și urechile înfundate într-un tren aflat pe șine netede, e foarte greu să spui dacă trenul aleargă cu 100 km/h sau dacă stă nemișcat într-o gară, ceea ce reprezintă o altă demonstrație a relativității galileene.

Aceasta a fost una dintre cele mai mari descoperiri ale lui Galilei, fiindcă a fost folosită ca argument pentru a-i convinge pe astronomii sceptici că Pământul se rotește într-adevăr în jurul Soarelui. Criticii lui Copernic susținuseră că Pământul nu se poate roti în jurul Soarelui — altminteri am fi resimțit această mișcare printr-un vânt constant sau prin senzația că pământul îți fuge de sub picioare, iar așa ceva e limpede că nu se întâmplă. Principiul relativității al lui Galilei explica însă că nu am simți uriașa viteză a Pământului prin spațiu deoarece totul în jur, de la sol până la atmosferă, se mișcă prin spațiu cu aceeași viteză ca și noi. Pământul în mișcare reprezintă efectiv același mediu ca mediul pe care l-am percepe dacă Pământul ar fi imobil.

În general, teoria galileană a relativității afirma că nu poți spune dacă te miști repede sau încet, sau dacă într-adevăr te miști. Lucrul rămâne valabil indiferent dacă ești izolat pe Pământ, într-un tren, cu ochii închiși și urechile înfundate, închis sub puntea unei corăbii sau rupt pe vreo altă cale de un sistem de referință extern.

Fără să știe că Michelson și Morley dezmințiseră existența eterului, Einstein a folosit principiul galilean al relativității ca punct de pornire pentru a cerceta dacă eterul există sau nu. În particular, el a invocat relativitatea galileană în cadrul unui *experiment mintal* — noțiune rămasă în uz și sub forma ei originară, *Gedankenexperiment*, derivată din cuvântul german pentru „gând". Este vorba despre un experiment pur imaginar, care nu are loc decât în mintea fizicianului, de regulă

fiindcă presupune metode imposibil de pus în aplicare în lumea reală. Deşi e un construct pur artificial, experimentul mintal poate duce de multe ori la o înţelegere profundă a lumii reale.

Într-un experiment mintal conceput în 1896, pe când avea doar şaisprezece ani, Einstein s-a întrebat ce s-ar întâmpla dacă ar putea călători cu viteza luminii ţinând în faţa lui o oglindă. În particular, se întreba dacă ar putea să-şi vadă propriul chip. Teoria victoriană a eterului vorbea despre o substanţă statică ce umplea întregul univers. Lumina se presupunea a fi purtată de eter, prin urmare se deplasa cu viteza luminii (300 000 km/s) în raport cu eterul. În experimentul său mintal, Einstein, faţa lui şi oglinda călătoreau de asemenea prin eter cu viteza luminii. Prin urmare, lumina ar fi încercat să părăsească faţa lui Einstein şi să se îndrepte spre oglinda din mâna lui, dar n-ar fi reuşit niciodată să-i părăsească faţa, şi cu atât mai puţin să ajungă la oglindă, pentru că totul se deplasează cu viteza luminii. Dacă lumina n-ar reuşi să ajungă la oglindă, atunci ea n-ar putea să se reflecte şi, prin urmare, Einstein n-ar avea cum să-şi vadă propriul chip.

Scenariul închipuit de Einstein era şocant pentru că desfidea complet principiul relativităţii galileene, conform căruia cineva care se deplasează cu viteză constantă n-ar trebui să poată stabili dacă se mişcă repede, încet, înainte, înapoi — sau dacă într-adevăr se mişcă. Experimentul mintal al lui Einstein ducea la concluzia că el ar putea afla că se deplasează cu viteza luminii dacă imaginea reflectată de oglindă ar dispărea.

Copilul-minune efectuase un experiment mintal bazat pe un univers umplut cu eter, iar rezultatul era paradoxal fiindcă intra în contradicţie cu principiul relativităţii galileene. Experimentul mintal al lui Einstein poate fi reformulat în termenii scenariului lui Galilei: aflat sub punte, marinarul ar şti că viteza cu care se deplasează corabia este egală cu viteza luminii pentru că imaginea lui din oglindă ar dispărea. Galilei susţinuse însă ferm că marinarul nu trebuie să poată spune dacă se mişcă sau nu corabia.

Una din două: fie relativitatea galileană era falsă, fie experimentul mintal al lui Einstein avea un viciu de fond. În cele din urmă, Einstein şi-a dat seama că experimentul lui mintal era greşit fiindcă se baza pe un univers umplut cu eter. Pentru a rezolva paradoxul, el a tras concluzia că lumina nu călătoreşte cu o viteză fixă în raport cu eterul, că lumina nu e purtată de eter şi că eterul nici măcar nu există. Fără

ca Einstein să ştie, aceasta era exact ceea ce Michelson şi Morley descoperiseră deja.

Aţi putea privi cu neîncredere experimentul mintal cam chinuit al lui Einstein, mai ales dacă vă închipuiţi că fizica e o disciplină întemeiată pe experimente reale, cu echipament real şi măsurători reale. Într-adevăr, experimentele mintale se află la graniţa fizicii şi nu sunt demne de încredere absolută, de aceea experimentul real al lui Michelson şi Morley a fost atât de important. Experimentul mintal al lui Einstein demonstra însă strălucirea spiritului său tânăr şi, încă mai important, îl îndrepta spre considerarea unui univers lipsit de eter şi spre cercetarea consecinţelor acestui fapt în privinţa vitezei luminii.

Ideea victoriană de eter fusese cât se poate de mulţumitoare, fiindcă oferea un cadru adecvat pentru ceea ce înţelegeau savanţii când vorbeau despre viteza luminii. Toţi acceptau că lumina se deplasează cu o viteză constantă, 300 000 km/s, şi toţi presupuneau că aceasta însemna 300 000 km/s în raport cu mediul prin care călătorea, presupusul eter. Toate lucrurile aveau sens în universul victorian umplut cu eter. Numai că Michelson, Morley şi Einstein au demonstrat că nu exista nici un eter. Atunci, dacă lumina nu avea nevoie de un mediu prin care să se deplaseze, ce anume voiau să spună savanţii când vorbeau despre viteza luminii? Viteza luminii era de 300 000 km/s, dar în raport cu ce?

În anii care au urmat, Einstein şi-a pus în repetate rânduri întrebarea asta. El a găsit în cele din urmă o rezolvare a problemei, dar una care depindea în mod critic de intuiţie. La prima vedere soluţia lui părea absurdă, dar timpul avea să-i dea dreptate. După Einstein, lumina călătoreşte cu o viteză constantă de 300 000 km/s *în raport cu observatorul*. Cu alte cuvinte, indiferent de condiţii sau de felul în care e emisă lumina, fiecare dintre noi măsoară aceeaşi viteză a luminii, care este 300 000 km/s sau 300 000 000 m/s (mai exact, 299 792 458 m/s). Pare absurd întrucât contrazice experienţa noastră de zi cu zi privind vitezele obiectelor obişnuite.

Imaginaţi-vă un băiat înarmat cu o puşcă cu aer comprimat încărcată cu boabe de mazăre, iar boabele de mazăre sunt lansate mereu cu viteza de 40 m/s. Stai lângă un zid, pe stradă, la oarecare distanţă de băiat. El trage în tine cu puşca cu aer comprimat, iar mazărea iese din puşcă având viteza de 40 m/s, parcurge spaţiul care vă desparte cu aceeaşi viteză, iar când te loveşte în frunte simţi evident că are 40 m/s. Dacă băiatul se urcă pe o bicicletă, se îndreaptă spre tine cu

o viteză de 10 m/s şi trage din nou, atunci bobul părăseşte puşca tot cu 40 m/s, dar străbate spaţiul cu 50 m/s, iar atunci când te loveşte simţi că te-a atins un obiect cu viteza de 50 m/s. Viteza suplimentară se datorează faptului că bobul de mazăre a fost lansat de pe o bicicletă în mişcare. Iar dacă te îndreptţi spre băiat cu 4 m/s, lucrurile stau şi mai rău, fiindcă simţi că te-a atins un bob cu viteza de 54 m/s. În concluzie, tu (observatorul) percepi o viteză diferită a bobului de mazăre, în funcţie de o mulţime de factori.

Einstein credea că lumina se comportă diferit. Când băiatul nu merge cu bicicleta, lumina farului său ajunge la tine cu viteza de 299 792 458 m/s. Când bicicleta se apropie de tine cu viteza de 10 m/s, lumina farului ajunge la tine tot cu 299 792 458 m/s. Chiar şi atunci când te îndreptţi spre bicicletă în timp ce bicicleta, la rândul ei, se îndreaptă spre tine, lumina vine spre tine tot cu 299 792 458 m/s. Lumina, insista Einstein, călătoreşte cu viteză constantă în raport cu observatorul. Indiferent cine măsoară viteza luminii şi indiferent de condiţii, rezultatul e mereu acelaşi. Experimentele aveau să demonstreze că Einstein avea dreptate. Deosebirea dintre comportamentul luminii şi al altor lucruri, cum ar fi, de pildă, boabele de mazăre, e rezumată astfel:

	Percepţia asupra vitezei boabelor de mazăre	Percepţia asupra vitezei luminii
Nimeni nu se mişcă	40 m/s	299 792 458 m/s
Băiatul se îndreaptă spre tine cu 10 m/s	50 m/s	299 792 458 m/s
...iar tu te îndreptţi spre băiat cu 4 m/s	54 m/s	299 792 458 m/s

Einstein era convins că viteza luminii trebuie să fie constantă pentru observator, fiindcă aceasta părea să fie singura cale prin care experimentul mintal cu oglinda devenea necontradictoriu. Putem

reexamina experimentul mintal, ținând cont de această nouă regulă pentru viteza luminii. Dacă Einstein, care este observatorul în experimentul său mintal, ar călători cu viteza luminii, el ar vedea totuși lumina părăsindu-i fața cu viteza luminii, pentru că ea se deplasează în raport cu observatorul. Astfel, lumina s-ar îndepărta de Einstein cu viteza luminii și, după reflecție, s-ar apropia de el tot cu viteza luminii, așa încât Einstein și-ar putea vedea chipul în oglindă. Lucrurile s-ar petrece exact la fel dacă el ar sta nemișcat în fața oglinzii din baie — lumina ar părăsi fața lui cu viteza luminii și ar fi reflectată înapoi tot cu viteza luminii, iar el și-ar vedea chipul în oglindă. Cu alte cuvinte, presupunând că viteza luminii e constantă în raport cu observatorul, Einstein n-ar putea spune dacă se deplasează cu viteza luminii sau stă nemișcat în baie. Este tocmai cerința principiului relativității al lui Galilei: ți se întâmplă aceleași lucruri, fie că te miști, fie că nu te miști.

Constanța vitezei luminii în raport cu observatorul era o concluzie șocantă, iar ea a pus stăpânire pe gândurile lui Einstein. Se afla abia la vârsta adolescenței, așa încât a explorat consecințele ideii sale cu ambiția și naivitatea tinereții. Peste ani avea să iasă în public și să zguduie lumea din temelii cu ideile sale revoluționare, dar deocamdată lucra de unul singur și continua să învețe.

E esențial că de-a lungul acestei perioade de contemplare Einstein și-a păstrat verva, creativitatea și curiozitatea cu care-l înzestrase natura, în ciuda spiritului autoritar al instituțiilor de învățământ. „Singurul lucru care se pune în calea eforturilor mele de a învăța este educația pe care o primesc", spunea el. Nu acorda prea mare atenție profesorilor, nici măcar distinsului savant Hermann Minkowski care, la rândul lui, îl considera „un câine leneș". Alt profesor, Heinrich Weber, i-a spus odată: „Ești un băiat isteț, Einstein, un băiat foarte isteț. Dar ai un mare defect: nu vrei să asculți nimic." Atitudinea lui Einstein se explică în parte prin refuzul lui Weber de a preda cele mai noi idei din fizică, motiv pentru care Einstein i se adresa pur și simplu cu „Herr Weber", în loc de „Herr Professor Weber".

Rezultatul acestei confruntări a fost că Weber a refuzat să-i dea scrisoarea de recomandare pe care Einstein i-o ceruse pentru a urma o carieră academică. Prin urmare, vreme de șapte ani după absolvirea facultății, Einstein a lucrat ca funcționar la biroul de brevete din Berna, în Elveția — ceea ce s-a dovedit însă a nu fi un ghinion chiar atât

de mare. În loc să se simtă încorsetat de teoriile dominante dictate de marile universități, Einstein putea sta acum liniştit în biroul lui şi medita asupra consecinţelor experimentului său mintal din adolescenţă — tocmai acel gen de cugetări speculative pe care Herr Professor Weber le disprețuia. De asemenea, slujba modestă a lui Einstein, la început „expert tehnic clasa a treia, angajat de probă", îi permitea să-şi rezolve toate îndatoririle legate de brevete în câteva ore pe zi, aşa încât avea destul timp pentru cercetările sale pe cont propriu. Dacă ar fi făcut parte din lumea academică a universităților, şi-ar fi pierdut zile în şir cu probleme instituționale, sarcini administrative şi responsabilități didactice împovărătoare. Într-o scrisoare adresată unui prieten, Einstein spunea că biroul în care lucra era „o mânăstire laică unde mi-am clocit cele mai frumoase idei".

Anii petrecuți ca funcționar la biroul de brevete s-au dovedit a fi una dintre cele mai rodnice perioade din viața sa intelectuală. În acelaşi timp, au fost ani de mare zbucium sufletesc pentru geniul în formare. În 1902, Einstein a trecut prin cel mai puternic şoc din întreaga sa viață atunci când tatăl lui s-a îmbolnăvit grav. Pe patul de moarte, Hermann Einstein i-a dat lui Albert binecuvântarea pentru a se căsători cu Mileva Marić, fără să ştie că ei aveau deja o fată, pe nume Lieserl. De fapt, până la sfârşitul anilor 1980, când a fost publicată corespondența personală a lui Einstein, nici istoricii nu ştiau de existența fetei. S-a dovedit că Mileva se dusese în Serbia pentru a naşte, iar imediat ce Einstein a aflat despre venirea pe lume a fiicei lor i-a scris Milevei: „E sănătoasă şi urlă aşa cum trebuie? Cum sunt ochişorii ei? Cu care din noi seamănă mai mult? Cine o alăptează? Îi e foame? N-are nici un fir de păr în cap? O iubesc atât de mult şi nici măcar n-am văzut-o! [...] Sunt sigur că deja plânge, dar mai e mult până să învețe să râdă. Aici sălăşluieşte un adevăr profund." Numai că Einstein nu va auzi niciodată plânsul ei, nici nu o va vedea râzând. Cuplul nu putea risca oprobriul public provocat de un copil nelegitim, iar Lieserl a fost adoptată în Serbia.

Albert şi Mileva s-au căsătorit în 1903 şi în anul următor s-a născut primul fiu, Hans Albert. În 1905, pe când trebuia să împace responsabilitățile de tată şi obligațiile de funcționar la biroul de brevete, Einstein a izbutit în sfârşit să-şi limpezească gândurile despre univers. Cercetările sale teoretice şi-au atins punctul culminant într-o serie de articole publicate în revista *Annalen der Physik*. Într-unul din ele

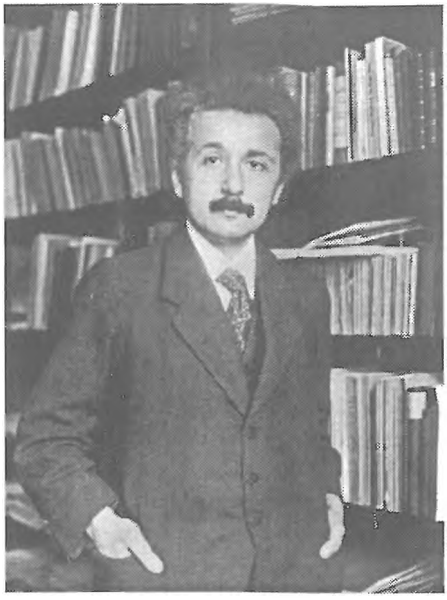


Figura 21 Albert Einstein în 1905, anul în care a publicat teoria specială a relativității și și-a dobândit reputația de savant.

analiza fenomenul cunoscut sub numele de mișcare browniană și prezenta astfel un argument strălucit în favoarea teoriei că materia e alcătuită din atomi și molecule. În alt articol, arăta că fenomenul numit efect fotoelectric putea fi în întregime explicat folosind recent elaborata teorie a cuantelor. Nu e de mirare că această lucrare i-a adus lui Einstein premiul Nobel.

A treia lucrare era însă și mai importantă. Ea rezuma gândurile lui Einstein din ultimul deceniu privind viteza luminii și constanța ei în raport cu observatorul. Articolul dădea fizicii baze complet noi și avea în cele din urmă să stabilească regulile fundamentale pentru studiul universului. Nu atât constanța vitezei luminii în sine era importantă, cât consecințele prezise de Einstein. Repercusiunile erau năucitoare chiar și pentru Einstein. Era încă tânăr, abia împlinise 26 de ani când și-a publicat cercetările, și trecuse prin perioade de mari îndoieli, de neîncredere în sine, pe când lucra la ceea ce avea să fie cunoscut

sub numele de teoria specială a relativității: „Trebuie să mărturisesc că, la începutul începutului, pe când teoria specială a relativității prindea viață în mine, am trecut prin mari tulburări. Tânăr fiind, mă aflam săptămâni de-a rândul într-o stare de totală derută, ca unul care trebuia să-și învingă uimirea la prima întâlnire cu asemenea probleme."

Unul dintre cele mai surprinzătoare rezultate ale teoriei speciale a relativității este faptul că ideile noastre adânc înrădăcinate despre timp sunt fundamental greșite. Savanții și profanii își închipuiseră dintotdeauna timpul ca progresia unui soi de ceasornic universal care ticăia fără încetare, ca bătăile unei inimi cosmice, un etalon după care puteau fi potrivite toate ceasurile. Timpul ar fi deci același pentru toți, din moment ce am trăi cu toții după același ceasornic universal: același pendul ar oscila în același ritm azi ca și mâine, la Londra sau la Sidney, pentru tine și pentru mine. Timpul se presupunea a fi absolut, regulat și universal. Dar Einstein nu era de-acord: timpul e flexibil, deformabil și personal, așa încât timpul tău poate diferi de al meu. În particular, un ceas care se deplasează în raport cu tine ticăie mai lent decât unul care stă nemișcat lângă tine. Dacă te-ai deplasa într-un tren, iar eu, aflat pe peronul gării, m-aș uita la ceasul tău, aș observa că ceasul tău merge mai încet decât ceasul meu.

Pare imposibil, dar pentru Einstein era logic inevitabil. În următoarele rânduri voi explica pe scurt de ce timpul e personal pentru observator și depinde de viteza cu care se deplasează ceasul observat. Deși intervine aici puțină matematică, formulele sunt simple, iar dacă puteți urmări logica, atunci veți înțelege de ce anume relativitatea specială ne obligă să ne schimbăm perspectiva asupra lumii. Însă, dacă săriți peste partea matematică sau vă împotmoliți, nu vă faceți griji: esențialul va fi rezumat după încheierea considerațiilor matematice.

Pentru a înțelege impactul relativității speciale asupra noțiunii de timp, să ne gândim la un inventator pe nume Alice și la ceasul ei neobișnuit. Toate ceasurile au nevoie de un fel de sistem oscilant sau balansier, ceva care bate regulat și poate fi folosit pentru a măsura timpul, cum ar fi pendulul oscilant al pendulei bunicului sau picurarea constantă dintr-un ceas cu apă. La ceasul lui Alice, balansierul e un puls de lumină care e reflectat între două oglinzi paralele aflate la o distanță de 1,8 m una de alta, așa cum se vede în figura 22 (a).

Reflecțiile sunt ideale pentru măsurarea timpului, fiindcă viteza luminii e constantă, iar astfel ceasul este extrem de precis. Viteza luminii e de 300 000 000 m/s (care se poate scrie ca 3×10^8 m/s), așa încât, dacă definim o bătaie a ceasului ca timpul în care pulsul luminos călătorește de la o oglindă la alta și înapoi, atunci pentru Alice timpul dintre două bătăi este

$$\text{Timp}_{\text{Alice}} = \frac{\text{distanță}}{\text{viteză}} = \frac{3{,}6\text{m}}{3\times10^8\,\text{m/s}} = 1{,}2\times10^{-8}\,\text{s}$$

Alice ia ceasul într-un tren care se deplasează cu viteză constantă în linie dreaptă. Ea vede că durata fiecărei bătăi rămâne aceeași — amintiți-vă că totul trebuie să rămână neschimbat, fiindcă principiul relativității galileene spune că, studiind obiectele care se mișcă împreună cu ea, e imposibil ca Alice să-și dea seama dacă se află în repaus sau se deplasează.

Bob, prietenul lui Alice, se află pe peronul unei gări în timp ce trenul ei gonește cu 80% din viteza luminii, ceea ce înseamnă $2{,}4 \times 10^8$ m/s (e un tren rapid în cel mai curat înțeles al cuvântului!). Printr-o fereastră din compartimentul ei, Bob o poate vedea pe Alice, precum și ceasul, iar din perspectiva lui traiectoria pulsului luminos face un zigzag, așa cum se vede în figura 22 (b). El vede pulsul luminos urmând mișcarea obișnuită de sus în jos, dar pentru el se mișcă și lateral, odată cu trenul.

Cu alte cuvinte, între momentul în care părăsește oglinda de jos și cel în care ajunge la oglinda de sus, ceasul s-a mișcat înainte, așa încât lumina trebuie să urmeze acum drumul mai lung de pe diagonală. De fapt, din perspectiva lui Bob, trenul s-a deplasat înainte cu 2,4 metri în timp ce pulsul a ajuns la oglinda de sus, ceea ce conduce la un drum diagonal de 3,0 metri, deci pulsul de lumină trebuie să străbată 6,0 metri (în sus și în jos) între două bătăi. Din moment ce, după Einstein, viteza luminii este constantă pentru toți observatorii, din perspectiva lui Bob timpul dintre bătăi trebuie să fie mai lung, fiindcă pulsul luminos se deplasează cu aceeași viteză, dar străbate

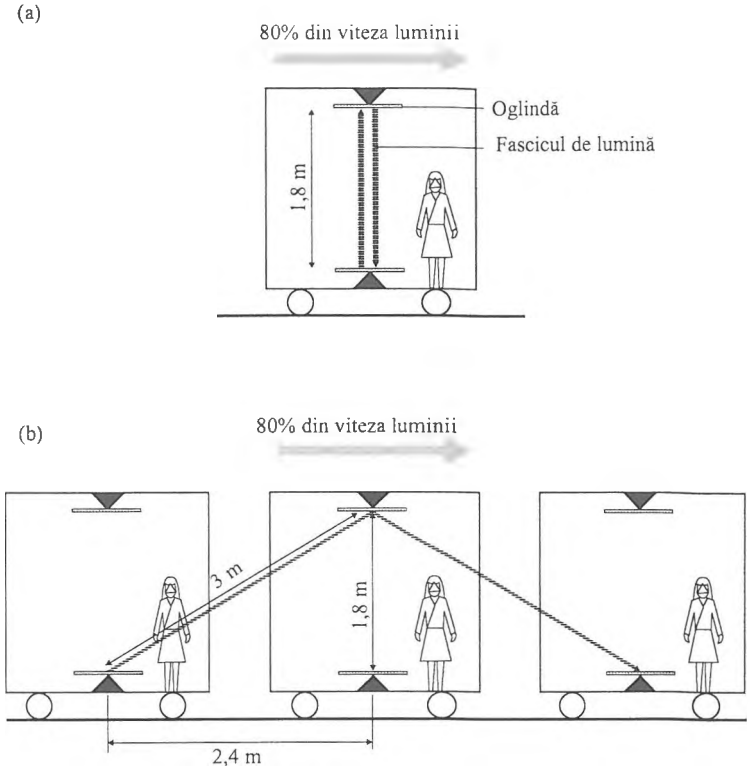


Figura 22 Scenariul de mai jos demonstrează una din consecințele principale ale relativității speciale. Alice se află în tren cu ceasul ei oglindă, care „ticăie" regulat când pulsul luminos e reflectat între cele două oglinzi. Desenul (a) prezintă situația din perspectiva lui Alice. Compartimentul se deplasează cu 80% din viteza luminii, dar ceasul nu se mișcă în raport cu Alice, așa încât, pentru ea, ceasul se comportă normal și ticăie în același ritm ca întotdeauna.

Desenul (b) prezintă aceeași situație (Alice și ceasul ei) din perspectiva lui Bob. Compartimentul se deplasează cu 80% din viteza luminii, așa încât pentru Bob pulsul luminos urmează un drum diagonal. Din moment ce viteza luminii e constantă pentru toți observatorii, Bob observă că îi ia mai mult timp pulsului luminos pentru a străbate drumul diagonal, prin urmare se gândește că ceasul lui Alice bate mai rar decât percepe Alice bătăile lui.

un drum mai lung. Felul în care percepe Bob timpul dintre două bătăi e simplu de calculat:

$$\text{Time}_{\text{speed}} = \frac{\text{distanță}}{\text{viteză}} = \frac{6{,}0\,\text{m}}{3\times10^{8}\,\text{m/s}} = 2.0\times10^{-8}\,\text{s}$$

Acum realitatea timpului începe să arate extrem de ciudat şi neliniştitor. Alice şi Bob se întâlnesc şi-şi compară observaţiile. Bob spune că a văzut ceasul-oglindă al lui Alice bătând la fiecare 2×10^{-8} s, iar Alice susţine că ceasul ei bătea odată la fiecare $1{,}2 \times 10^{-8}$ s. După Alice, ceasul ei funcţiona perfect normal. Chiar dacă Alice şi Bob s-au uitat la acelaşi ceas, au perceput timpul bătând în ritmuri diferite.

Einstein a obţinut o formulă pentru felul în care se schimbă timpul lui Bob în raport cu cel al lui Alice, în orice condiţii:

$$\text{Timp}_{\text{Bob}} = \text{Timp}_{\text{Alice}} \times \frac{1}{\sqrt{\left(1 - v_{\text{A}}^2 / c^2\right)}}$$

Formula spune că intervale de timp observate de Bob sunt diferite de cele observate de Alice, depinzând de viteza lui Alice (v_{A}) în raport cu Bob şi de viteza luminii (c). Dacă introducem valorile numerice din cazul de mai sus, putem vedea cum se aplică formula:

$$\text{Time}_{\text{Bob}} = 1{,}2\times10^{-8}\,\text{s} \times \frac{1}{\sqrt{\left(1 - (0{,}8c)^2 / c^2\right)}}$$

$$\text{Time}_{\text{Bob}} = 1{,}2\times10^{-8}\,\text{s} \times \frac{1}{\sqrt{(1 - 0{,}64)}}$$

$$\text{Time}_{\text{Bob}} = 2{,}0\times10^{-8}\,\text{s}$$

Einstein a spus odată în glumă: „Pune mâna pe o sobă încinsă timp de un minut şi ţi se va părea că a trecut o oră. Stai lângă o fată frumoasă timp de o oră şi ţi se va părea că a trecut un minut. Asta e relativitatea!“ Dar teoria relativităţii speciale nu era o glumă. Formula matematică a lui Einstein descria exact felul în care ar percepe un observator încetinirea timpului atunci când ar privi un ceas aflat în mişcare, fenomen cunoscut sub numele de *dilatarea timpului*. Pare

atât de ciudat, încât suntem obligați să ne punem imediat patru întrebări:

1. *De ce nu observăm niciodată acest straniu efect?*
Valoarea dilatării timpului depinde de viteza ceasului sau a obiectului în discuție în raport cu viteza luminii. În exemplul de mai sus, dilatarea timpului e semnificativă pentru că trenul lui Alice călătorea cu 80% din viteza luminii, adică 240 000 000 m/s. Dar, dacă s-ar deplasa cu viteza mai rezonabilă de 100 m/s (360 km/h), atunci Bob ar percepe ceasul lui Alice aproape la fel ca ea. Introducând valorile numerice corespunzătoare în ecuația lui Einstein, diferența dintre felurile în care percep ei timpul ar fi doar de unu la un trilion. Cu alte cuvinte, în viața de zi cu zi e imposibil să detectăm efectele dilatării timpului.

2. *Este reală această diferență de timpi?*
Da, cât se poate de reală. Există numeroase dispozitive sofisticate care trebuie să țină cont de dilatarea timpului pentru a funcționa corect. Sistemul de Poziționare Globală (GPS), care se bazează pe sateliți pentru a calcula poziții exacte ce sunt transmise unor sisteme de navigație, funcționează corect numai pentru că iau în considerare efectele relativității speciale. Aceste efecte sunt semnificative datorită faptului că sateliții GPS se deplasează cu viteze foarte mari și folosesc dispozitive care măsoară timpul cu înaltă precizie.

3. *Teoria specială a relativității a lui Einstein se aplică numai ceasurilor bazate pe pulsuri luminoase?*
Teoria se aplică tuturor ceasurilor, ba chiar tuturor fenomenelor. Aceasta pentru că lumina determină interacțiile care au loc la nivel atomic. Prin urmare, toate interacțiile atomice din compartimentul trenului sunt încetinite din perspectiva lui Bob. El nu poate vedea aceste interacții atomice individuale, dar poate observa efectul combinat al încetinirii atomice. După cum vede ceasul-oglindă al lui Alice bătând mai încet, la fel o vede și pe ea făcându-i semn cu mâna mai lent, atunci când trece pe lângă el; ea pare să clipească din ochi mai rar, iar bătăile inimii ei par încetinite. Totul e afectat în mod asemănător, în același grad, de dilatarea timpului.

4. *De ce nu poate Alice folosi încetinirea ceasului și a mișcărilor ei pentru a dovedi că se deplasează?*
Toate aceste efecte stranii prezentate mai sus sunt observate de Bob din afara trenului aflat în mișcare. Din punctul de vedere al lui Alice, tot ce se întâmplă înăuntrul trenului este perfect normal, fiindcă nici ceasul ei, nici altceva din compartiment nu se deplasează în raport cu ea. Mișcare relativă zero înseamnă dilatare a timpului zero. N-ar trebui să ne surprindă

că nu există dilatarea timpului, căci, dacă Alice ar descoperi vreo modificare în jurul ei provocată de mișcarea trenului, acest fapt ar veni în contradicție cu principiul relativității al lui Galilei. Dar, dacă Alice ar privi spre Bob când trece în goană prin dreptul lui, i s-ar părea că Bob și tot ce se află în jurul lui suferă fenomenul de dilatare a timpului, pentru că el se mișcă în raport cu ea.

Impactul teoriei speciale a relativității asupra altor aspecte ale fizicii e la fel de surprinzător. Einstein a arătat că, pe măsură ce Alice se apropie, Bob observă că ea se contractă de-a lungul direcției de deplasare. Cu alte cuvinte, dacă Alice are 2 m înălțime, distanța de la frunte la ceafă este de 25 cm, iar când se apropie de Bob privește în direcția de înaintare a trenului, atunci el o va vedea având tot înălțimea de 2 m, dar distanța de la frunte la ceafă de doar 15 cm. Îi va apărea mai subțire. Și nu e vorba de o banală iluzie provocată de perspectivă, ci este chiar felul în care apar din perspectiva lui Bob distanța și spațiul. E o consecință a aceluiași tip de raționament care demonstrează că Bob observă bătăi mai lente ale ceasului lui Alice.

Prin urmare, relativitatea specială nu sfida numai conceptele tradiționale legate de timp, ci îi obliga pe fizicieni să reconsidere conceptul adânc înrădăcinat de spațiu. În loc să fie constante și universale, timpul și spațiul se dovedesc a fi flexibile și personale. Nu e de mirare că până și lui Einstein îi venea greu să aibă încredere în propria sa logică și în propriile sale concluzii, pe măsură ce-și elabora teoria. „Raționamentul e amuzant și seducător", spunea el, „dar s-ar putea foarte bine ca Dumnezeu să râdă de el și să mă ducă de nas."

Și totuși Einstein și-a învins îndoielile și a urmat logica ecuațiilor sale. După ce și-a publicat lucrarea, savanții au fost obligați să recunoască faptul că un obscur funcționar de la biroul de brevete făcuse una dintre cele mai importante descoperiri din istoria fizicii. Max Planck, părintele mecanicii cuantice, spunea despre Einstein: „Dacă [relativitatea] se va dovedi corectă, ceea ce bănuiesc că se va întâmpla, va fi considerat un Copernic al secolului XX."

În scurt timp, toate predicțiile lui Einstein privind dilatarea timpului și contracția lungimilor au fost confirmate experimental. Teoria specială a relativității singură ar fi fost de ajuns pentru a face din el unul dintre cei mai străluciți fizicieni ai secolului XX, căci transformase din temelii fizica victoriană, dar statura lui Einstein avea să devină încă și mai impunătoare.

Curând după publicarea lucrărilor sale din 1905, s-a lansat într-o cercetare şi mai ambiţioasă. Prin comparaţie cu ce avea să urmeze, Einstein a numit odată „joacă de copil" teoria relativităţii speciale. Dar răsplata se va dovedi la înălţimea efortului. Următoarea sa mare descoperire va dezvălui cum se comportă universul la scară mare şi îi va înzestra pe cosmologi cu uneltele de care aveau nevoie pentru a ataca cele mai profunde probleme care se pot închipui.

Bătălia pentru gravitaţie: Newton contra Einstein

Ideile lui Einstein erau atât de iconoclaste, încât a fost nevoie de ceva timp pentru ca un funcţionar public dintr-un birou oarecare să fie primit în rândurile savanţilor recunoscuţi. Deşi îşi publicase teoria specială a relativităţii în 1905, abia în 1908 a primit un post de asistent la Universitatea din Berna. Între 1905 şi 1908, Einstein a continuat să lucreze la biroul de brevete, unde a fost promovat la rangul de „expert tehnic, clasa a doua", şi a avut timp să ducă mai departe străduania de a extinde puterea teoriei relativităţii şi de a o pune în drepturi depline.

Teoria specială a relativităţii e numită *specială* fiindcă se aplică numai în situaţii speciale, şi anume atunci când obiectele se deplasează cu viteză constantă. Cu alte cuvinte, e în vigoare dacă Bob observă trenul lui Alice deplasându-se cu viteză fixă în linie dreaptă, nu dacă trenul accelerează sau frânează. Prin urmare, Einstein a încercat să-şi reformuleze teoria aşa încât să se aplice situaţiilor care implică accelerarea şi decelerarea. Această extindere a relativităţii speciale avea să fie curând cunoscută sub numele de relativitate generală, pentru că are un grad mai mare de generalitate.

Când, în 1907, Einstein a făcut primul pas în elaborarea relativităţii generale, l-a numit „cel mai fericit gând care mi-a trecut vreodată prin minte". Au urmat însă opt ani de chinuri. Iată ce-i scria unui prieten despre obsesia relativităţii generale care-l făcea să neglijeze toate celelalte aspecte ale vieţii: „N-am vreme să-ţi scriu fiindcă sunt ocupat cu lucruri într-adevăr măreţe. Zi şi noapte îmi frământ creierii încercând să ajung tot mai adânc în miezul lucrurilor pe care le-am

descoperit treptat în ultimii doi ani și care reprezintă un progres fără precedent în înțelegerea problemelor fundamentale din fizică."

Vorbind despre „lucruri într-adevăr măreț" și „probleme fundamentale", Einstein se referea la faptul că teoria generală a relativității părea să-l îndrepte către o cu totul nouă teorie a gravitației. Dacă Einstein avea dreptate, atunci fizicienii erau obligați să pună sub semnul întrebării opera lui Isaac Newton, unul dintre simbolurile sacrosancte ale fizicii.

Newton s-a născut în împrejurări tragice în ziua de Crăciun a anului 1642, la trei luni după moartea tatălui său. Pe când era copil, mama lui s-a recăsătorit cu Barnabas Smith, un pastor în vârstă de 63 de ani, care a refuzat să-l primească pe Isaac în casa lui. A fost crescut de bunici, iar cu trecerea timpului ura față de mama și tatăl vitreg care-l abandonaseră sporea. Mărturie stă faptul că, student fiind, când a alcătuit o listă a păcatelor din copilărie, a recunoscut că îi amenințase pe tatăl vitreg și pe mama lui: „Am să le dau foc cu casă cu tot".

Nu e de mirare că Newton avea să devină un bărbat plin de resentimente, singuratic și uneori crud. De pildă, când a fost numit guvernator al Monetăriei Regale, în 1696, a instituit un regim dur pentru prinderea falsificatorilor, asigurându-se că vor fi spânzurați, hăcuiți și sfârtecați. Falsificarea banilor adusese Anglia în pragul dezastrului economic, iar Newton credea în necesitatea pedepselor sale. În afară de brutalitate, Newton și-a folosit mintea și pentru a salva moneda națională. Una dintre cele mai importante inovații ale Monetăriei a fost introducerea monedelor cu margini zimțate, căci falsificatorii pileau marginile monedelor și foloseau pilitura pentru a face alte monede.

Ca recunoaștere a contribuției lui Newton, moneda britanică de două lire pusă în circulație în 1997 are gravate de-a lungul marginii zimțate cuvintele: AȘEZAT PE UMERII UNOR URIAȘI. Ele sunt preluate dintr-o scrisoare pe care Newton i-a trimis-o confratelui său Robert Hooke: „Dacă am văzut mai departe, aceasta s-a datorat faptului că m-am așezat pe umerii unor uriași." Pare o afirmație plină de modestie, Newton recunoscând că ideile sale se sprijină pe cele ale unor înaintași iluștri, cum ar fi Galilei și Pitagora. În realitate, fraza e o trimitere răutăcioasă și abia disimulată la spinarea încovoiată și cocoașa proeminentă a lui Hooke. Cu alte cuvinte, Newton voia să spună că nici fizic și nici intelectual Hooke nu era un uriaș.

Lăsând însă la o parte toate defectele sale personale, Newton a avut o contribuție fără egal la știința secolului al XVIII-lea. El a pus bazele unei noi ere științifice printr-o cercetare-fulger care a durat mai puțin de 18 luni, atingând punctul culminant în 1666, an cunoscut acum sub numele de *annus mirabilis* al lui Newton. Termenul provine din titlul poemului pe care John Dryden l-a scris despre alte evenimente excepționale petrecute în 1666: faptul că Londra a supraviețuit Marelui Incendiu și victoria flotei britanice asupra olandezilor. Savanții socotesc însă că descoperirile lui Newton sunt adevăratele miracole din 1666. În al său *annus mirabilis*, Newton a avut contribuții de importanță crucială în calculul infinitezimal, în optică și, cea mai celebră dintre toate, în studiul gravitației.

În esență, legea gravitației descoperită de Newton afirmă că orice obiect din univers atrage orice alt obiect din univers. Mai precis, Newton a definit forța de atracție dintre două corpuri ca fiind

$$F = \frac{G \times m_1 \times m_2}{r^2}$$

Forța (F) dintre două corpuri depinde de masele lor (m_1 și m_2) — cu cât sunt mai mari masele, cu atât forța e mai mare. De asemenea, forța e invers proporțională cu pătratul distanței dintre corpuri (r^2), ceea ce înseamnă că forța devine tot mai mică pe măsură ce corpurile se îndepărtează. Constanta gravitațională (G) este mereu egală cu $6{,}67 \times 10^{-11}$ Nm^2kg^{-2} și reflectă tăria gravitației în comparație cu alte forțe, cum ar fi magnetismul.

Puterea acestei formule stă în faptul că ea înglobează tot ce încercaseră Copernic, Kepler și Galilei să explice cu privire la sistemul solar. De pildă, căderea unui măr spre Pământ nu se datorează tendinței sale de a ajunge în centrul universului, ci pur și simplu faptului că atât Pământul, cât și mărul posedă o masă și deci se atrag în mod natural unul spre altul prin forța gravitației. Mărul e accelerat spre Pământ și în același timp Pământul e accelerat spre măr, dar efectul asupra Pământului e imperceptibil fiindcă e mult mai mare decât mărul. Ecuația lui Newton poate fi folosită și pentru a explica rotația Pământului în jurul Soarelui: ambele corpuri posedând o masă, există o atracție reciprocă între ele. Pământul se rotește în jurul Soarelui, și nu invers, deoarece Soarele este mult mai masiv decât Pământul. De fapt, formula lui Newton poate fi folosită chiar și pentru a calcula

traiectoriile eliptice ale lunilor şi planetelor, tocmai ceea ce Kepler găsise analizând observaţiile lui Tycho Brahe.

Timp de secole după moartea lui Newton, legea gravitaţiei descoperită de el a guvernat cosmosul. Savanţii credeau că problema gravitaţiei fusese rezolvată şi foloseau formula lui Newton pentru a explica totul, de la zborul unei săgeţi la traiectoria unei comete. Dar Newton însuşi bănuia că înţelegerea universului nu era completă: „Nu ştiu cum apar în ochii lumii, însă eu mă văd ca un copil care se joacă pe ţărmul mării, bucurându-mă uneori când găsesc pietricele netede sau scoici frumoase şi neobişnuite, în timp ce marele ocean al adevărului se întinde necunoscut în faţa mea."

Einstein a fost primul care a înţeles că gravitaţia ar putea ascunde mai mult decât îşi închipuise Newton. După ce a avut propriul său *annus mirabilis* în 1905, când a publicat mai multe lucrări de importanţă istorică, Einstein s-a concentrat asupra extinderii teoriei speciale a relativităţii într-o teorie generală. Aceasta presupunea o interpretare radical diferită a gravitaţiei, întemeiată pe o perspectivă fundamental diferită asupra felului în care planetele, lunile şi merele se atrag unele pe altele.

În centrul noii abordări a lui Einstein se afla descoperirea sa că atât distanţa, cât şi timpul sunt flexibile, consecinţă a teoriei speciale a relativităţii. Să ne amintim că Bob vede cum ceasul încetineşte şi Alice devine mai subţire când se mişcă spre el. Timpul e prin urmare flexibil, căci există trei dimensiuni ale spaţiului (lungime, înălţime şi profunzime). Mai mult, flexibilitatea spaţiului şi cea a timpului sunt indisolubil legate, ceea ce l-a condus pe Einstein la ideea de a considera o unică entitate flexibilă, cunoscută sub numele de *spaţiu-timp*. Acest spaţiu-timp flexibil s-a dovedit a fi cauza profundă a gravitaţiei. Apariţia straniei flexibilităţi e fără îndoială năucitoare, dar paragraful care urmează oferă o cale relativ simplă de a vizualiza perspectiva lui Einstein asupra gravitaţiei.

Spaţiul-timp e constituit din patru dimensiuni, trei spaţiale şi una temporală, de neimaginat pentru cei mai mulţi oameni, aşa încât de regulă e mai simplu să considerăm doar două dimensiuni spaţiale, aşa cum am făcut în figura 23. Din fericire, acest rudiment de spaţiu-timp ilustrează multe trăsături-cheie ale adevăratului spaţiu-timp, prin urmare e o simplificare convenabilă. Figura 23 (a) arată că spaţiul (şi spaţiul-timp) e ca o ţesătură elastică; liniile ne ajută să vedem că,

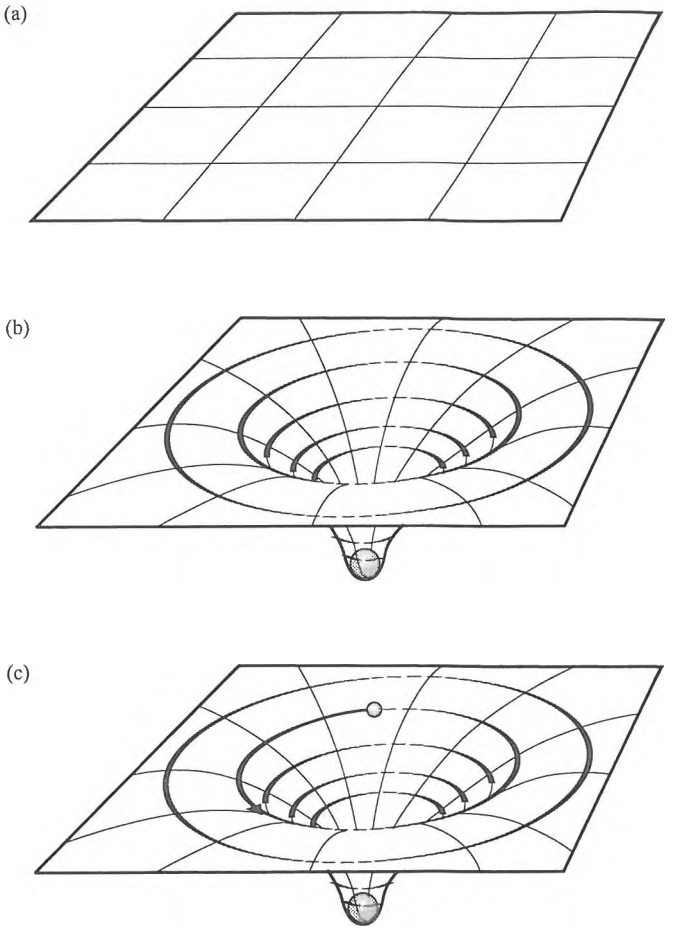


Figura 23 Aceste desene sunt reprezentări bidimensionale ale spațiului-timp cvadridimensional, ignorând timpul și una dintre dimensiunile spațiale. Desenul (a) înfățișează o rețea plată, netedă și neperturbată, reprezentând spațiul gol. Dacă o planetă ar trece prin acest spațiu, traiectoria ei ar fi o linie dreaptă.

Desenul (b) înfățișează un spațiu deformat de un corp, cum ar fi Soarele. Adâncimea depresiunii depinde de masa Soarelui.

Desenul (c) înfățișează o planetă rotindu-se în depresiunea provocată de Soare. Planeta provoacă la rândul ei o mică depresiune în spațiu, prea mică însă pentru a fi reprezentată în acest desen, deoarece planeta e relativ ușoară.

dacă nu se află nimic în spațiu, atunci „țesătura" lui e plată și nedistorsionată. Figura 23 (b) arată că spațiul bidimensional se modifică drastic dacă plasăm în el un corp. Acest al doilea desen ar putea reprezenta spațiul deformat de prezența unui Soare masiv, la fel cum suprafața unei trambuline elastice se curbează sub greutatea unei bile de popice.

De fapt, analogia cu trambulina elastică poate fi extinsă. Dacă bila de popice reprezintă Soarele, atunci o minge de tenis, reprezentând Pământul, ar putea fi lansată pe o orbită în jurul ei, după cum se vede în figura 23 (c). Mingea de tenis creează propria sa ușoară adâncitură în trambulina elastică și duce cu sine această adâncitură, pe măsură ce se rotește deasupra trambulinei. Dacă am vrea să reprezentăm și Luna, atunci ar trebui să rotim o biluță în adâncitura mingii de tenis, în vreme ce mingea de tenis și adâncitura ei se rotesc în adâncitura mai mare provocată de bila de popice.

În practică, orice încercare de a crea un model pentru un sistem complicat pe o trambulină elastică e sortită eșecului, pentru că frecarea cu trambulina perturbă mișcarea naturală a corpurilor. Și totuși, Einstein susținea că tocmai acest tip de efecte ale unei trambuline elastice descriu țesătura spațiului-timp. După Einstein, de fiecare dată când fizicienii și astronomii observau fenomene ce implică atracția forței gravitaționale, ei vedeau în realitate corpuri reacționând la curbura spațiului-timp. De pildă, Newton ar fi spus că un măr cade spre Pământ pentru că există o forță de atracție gravitațională reciprocă, dar Einstein simțea că a ajuns la o înțelegere mai profundă a cauzei acestei atracții: mărul cade spre Pământ fiindcă se află în valea adâncă a spațiului-timp provocată de masa Pământului.

Prezența corpurilor în spațiu-timp dă naștere unei relații de dublă dependență. Forma spațiului-timp influențează mișcarea corpurilor, iar în același timp corpurile însele determină forma spațiului-timp. Cu alte cuvinte, adânciturile din spațiu-timp care ghidează mișcarea Soarelui și planetelor sunt produse chiar de Soare și planete. John Wheeler, unul dintre marii specialiști în relativitatea generală din secolul XX, a rezumat astfel teoria: „Materia spune spațiului cum să se curbeze; spațiul spune materiei cum să se miște." Deși Wheeler a sacrificat precizia de dragul unei exprimări plastice („spațiul" ar fi trebuit să fie „spațiul-timp"), fraza lui rămâne o excelentă sinteză a teoriei lui Einstein.

S-ar putea ca ideea de spațiu-timp flexibil să pară nebunească, dar Einstein era convins că avea dreptate. Conform propriilor sale criterii estetice, legătura dintre spațiul-timp flexibil și gravitație trebuia să fie adevărată, căci, după cum el însuși spunea: „Când judec o teorie, mă întreb dacă, presupunând că aș fi Dumnezeu, aș fi alcătuit astfel lumea." Totuși, dacă Einstein voia să convingă restul lumii că are dreptate, trebuia să obțină o formulă care să încorporeze teoria lui. Cea mai mare provocare era să transforme această idee mai curând vagă despre spațiu-timp și gravitație într-o teorie a relativității generale formalizată riguros matematic.

Opt ani de cercetări teoretice asidue i-au trebuit lui Einstein pentru a-și susține intuițiile cu un argument matematic bine întemeiat și detaliat, timp în care a suferit mari eșecuri, iar calculele lui păreau să nu ducă nicăieri. Efortul intelectual l-a dus pe Einstein în pragul prăbușirii nervoase. Starea lui sufletească, angoasele sale apar în scrisorile trimise către prieteni în acești ani. Îl implora pe Marcel Grossmann*: „Trebuie să mă ajuți, altfel am să înnebunesc!" Lui Paul Ehrenfest** îi spunea că lucrând la teoria relativității era ca și cum ar îndura „o ploaie de foc și pucioasă". Într-o altă scrisoare era îngrijorat că „iar am comis în privința gravitației un lucru din cauza căruia risc să fiu închis la balamuc".

E greu de închipuit curajul intelectual de care a avut nevoie pentru a se aventura într-un teritoriu intelectual neexplorat. În 1913, Max Planck l-a avertizat: „Ca prieten mai bătrân țin să-ți atrag atenția că nu vei reuși de prima dată, dar, chiar și dacă vei reuși, nimeni nu te va crede."

Einstein a mers mai departe, a îndurat supliciul, iar în cele din urmă, în 1915, a dus la bun sfârșit teoria generală a relativității. La fel ca Newton, Einstein a reușit să găsească o formulă matematică pentru a explica și a calcula forța gravitațională în toate situațiile posibile, numai că formula lui Einstein era mult diferită și se întemeia pe o cu totul altă premisă — existența unui spațiu-timp flexibil.

---

* Matematicianul Marcel Grossmann (1878–1936) a fost coleg de facultate și bun prieten cu Einstein. L-a ajutat să capete cunoștințele de geometrie neeuclidiană necesare formulării matematice a relativității generale. (*N. t.*)

** Prieten cu Einstein și Niels Bohr, fizicianul Paul Ehrenfest (1880–1933) a avut contribuții importante la dezvoltarea mecanicii cuantice. (*N. t.*)

Teoria gravitației elaborată de Newton se dovedise suficient de bună vreme de două secole, așa încât de ce s-o abandoneze fizicienii în favoarea noii teorii a lui Einstein? Teoria lui Newton putea prezice comportamentul oricărui corp, de la mere la planete, de la ghiulele la picături de ploaie, și atunci care era elementul esențial adus de teoria lui Einstein?

Răspunsul ține de însăși natura progresului științific. Savanții încearcă să elaboreze teorii pentru a explica și prezice fenomenele naturale cât mai exact cu putință. O teorie poate funcționa cu succes vreme de ani, decenii sau secole, dar, în cele din urmă, savanții pot elabora și adopta o teorie mai bună, mai precisă, care să fie valabilă într-o gamă mai largă de situații și care să explice fenomene până atunci neexplicate. Exact așa s-a întâmplat cu primii astronomi și cu felul în care înțelegeau ei poziția Pământului în cosmos. La început, astronomii credeau că Soarele se rotește în jurul unui Pământ fix și, grație epiciclurilor și deferenților lui Ptolemeu, teoria lor s-a dovedit destul de mulțumitoare. Astronomii puteau într-adevăr prezice cu o precizie rezonabilă mișcările planetelor. Modelul geocentric a fost însă în cele din urmă înlocuit de modelul heliocentric, fiindcă această nouă teorie, întemeiată pe orbitele eliptice ale lui Kepler, era mai precisă și putea explica noile observații datorate apariției telescopului, cum ar fi cele legate de fazele lui Venus. Trecerea de la o teorie la alta a fost lungă și anevoioasă, dar, odată ce modelul heliocentric și-a dovedit validitatea, n-a mai existat cale de întoarcere.

Într-un mod asemănător, Einstein credea că oferea fizicii o mai bună teorie a gravitației, mai precisă și mai aproape de realitate. În particular, Einstein bănuia că teoria lui Newton asupra gravitației ar putea da greș în anumite condiții, în vreme ce propria sa teorie ar fi valabilă în toate situațiile. După Einstein, teoria lui Newton ar da rezultate incorecte în condiții implicând forțe gravitaționale extrem de mari. Astfel, pentru a dovedi că are dreptate, Einstein nu trebuia decât să găsească unul dintre aceste scenarii extreme și să testeze cele două teorii ale gravitației. Aceea dintre ele care ar putea reproduce mai fidel realitatea ar câștiga concursul și s-ar dovedi a fi teoria corectă a gravitației.

Problema lui Einstein era că orice scenariu de pe Pământ presupunea același nivel de gravitație mediocră, iar în aceste condiții cele

două teorii dădeau aceleaşi rezultate, fiind la fel de bune. Prin urmare, a înţeles că trebuia să caute dincolo de Pământ, în spaţiul cosmic, pentru a găsi mediul cu o gravitaţie extremă care să scoată în evidenţă defectele teoriei lui Newton. În particular, ştia că Soarele are un câmp gravitaţional imens şi că Mercur, planeta cea mai apropiată de Soare, ar trebui să resimtă o atracţie gravitaţională intensă. S-a întrebat atunci dacă atracţia Soarelui e suficient de puternică pentru a determina un comportament al planetei Mercur incompatibil cu teoria lui Newton şi în deplin acord cu propria sa teorie. Pe 18 noiembrie 1915, Einstein a găsit cazul-test de care avea nevoie — un comportament planetar care îi nedumerise pe astronomi vreme de decenii.

În 1859, astronomul francez Urbain Le Verrier analizase o anomalie în orbita lui Mercur. Planeta are o orbită eliptică, dar elipsa nu e fixă, ci se învârte în jurul Soarelui, după cum se vede în figura 24. Orbita eliptică se răsuceşte* în jurul Soarelui, trasând un model de tipul epicloidei**. Răsucirea e foarte lentă, abia 574 de secunde de arc pe secol, şi trebuie să aibă loc un milion de revoluţii ale lui Mercur în jurul Soarelui, adică să treacă peste 200 000 de ani, pentru ca orientarea orbitei planetei să revină la cea iniţială.

Astronomii îşi închipuiseră că acest comportament bizar al lui Mercur e provocat de atracţia gravitaţională a celorlalte planete din sistemul solar, dar, când Le Verrier a folosit formula lui Newton pentru gravitaţie, a găsit că efectul combinat al celorlalte planete putea da socoteală doar pentru 531 din cele 574 de secunde de arc ale răsucirii orbitei ce are loc timp de un secol. Asta însemna că 43 de secunde de arc rămâneau neexplicate. Unii credeau că exista o influenţă suplimentară, nevăzută, asupra orbitei lui Mercur, răspunzătoare pentru cele 43 de secunde de arc, de pildă o centură de asteroizi sau o necunoscută lună a lui Mercur. S-a sugerat chiar existenţa unei planete până atunci nedescoperite, botezată Vulcan, orbitând între Soare şi

---

* În termeni de specialitate, fenomenul e cunoscut ca „precesia periheliului planetei Mercur". Din moment ce Singh nu face aici apel la jargonul ştiinţific, am preferat să păstrăm ca atare exprimarea sa, mai plastică şi mai sugestivă. (*N. t.*)

** Epicloida e, de pildă, curba urmată de planetele din modelul lui Ptolemeu (vezi figura 9, capitolul 1): traiectoria unui punct care se roteşte pe un cerc al cărui centru, la rândul lui, se deplasează pe o orbită circulară. Desigur, aici, în loc de cerc, e vorba de elipsă. (*N. t.*)

Mercur. Cu alte cuvinte, astronomii presupuneau că formula lui Newton pentru gravitație era corectă, iar problema ținea de faptul că nu fuseseră luați în considerare toți factorii. Odată ce-ar fi descoperit o centură de asteroizi, o lună sau o planetă, se așteptau ca rezultatul calculelor să fie cel corect: 574 de secunde de arc pe secol.

Einstein însă credea că nu era vorba de nici o centură de asteroizi, lună sau planetă, ci de însăși formula lui Newton. Teoria lui Newton dădea rezultate bune atunci când era folosită pentru gravitația mai scăzută a Pământului, dar Einstein spera ca gravitația intensă din apropierea Soarelui să iasă din domeniul de valabilitate al legii lui Newton. Aici se afla arena ideală pentru concursul dintre cele două teorii rivale asupra gravitației, iar Einstein se aștepta ca teoria lui să descrie corect răsucirea orbitei lui Mercur.

S-a pus pe treabă, a făcut calculele necesare folosind propria lui formulă, iar rezultatul a fost de 574 de secunde de arc, în perfectă concordanță cu observațiile. „Vreme de câteva zile", scria Einstein, „am trăit cea mai intensă bucurie."

Din păcate însă, comunitatea fizicienilor nu era întru totul convinsă de calculele lui Einstein. Mediul academic e, după cum știm, inevitabil conservator, din motive atât practice, cât și psihologice. Dacă o nouă teorie răstoarnă una veche, cea veche trebuie abandonată, iar cadrul științific care rămâne trebuie pus de acord cu noua teorie. O asemenea revoluție se justifică numai dacă mediul academic e convins că noua idee e într-adevăr valabilă. Cu alte cuvinte, sarcina demonstrației cade întotdeauna pe umerii avocaților oricărei noi teorii. Bariera psihologică e de asemenea importantă. Pentru savanții în vârstă, care crezuseră întreaga lor viață în Newton, era firesc să se împotrivească eliminării unei teorii pe care o înțelegeau și căreia îi dădeau credit deplin, în favoarea uneia nou-venite. Mark Twain a sesizat bine acest aspect: „Un savant nu va arăta nici o urmă de bunăvoință față de o teorie pe care n-a lansat-o el."

Nu e deci de mirare că mediul academic se încăpățâna să creadă că formula lui Newton era corectă și că, mai devreme sau mai târziu, astronomii vor descoperi noi corpuri cerești care să explice perfect răsucirea orbitei lui Mercur. După ce observații mai fine nu au dat de urma vreunei centuri de asteroizi, luni sau planete, astronomii au găsit o altă soluție pentru a veni în ajutorul muribundei teorii a lui

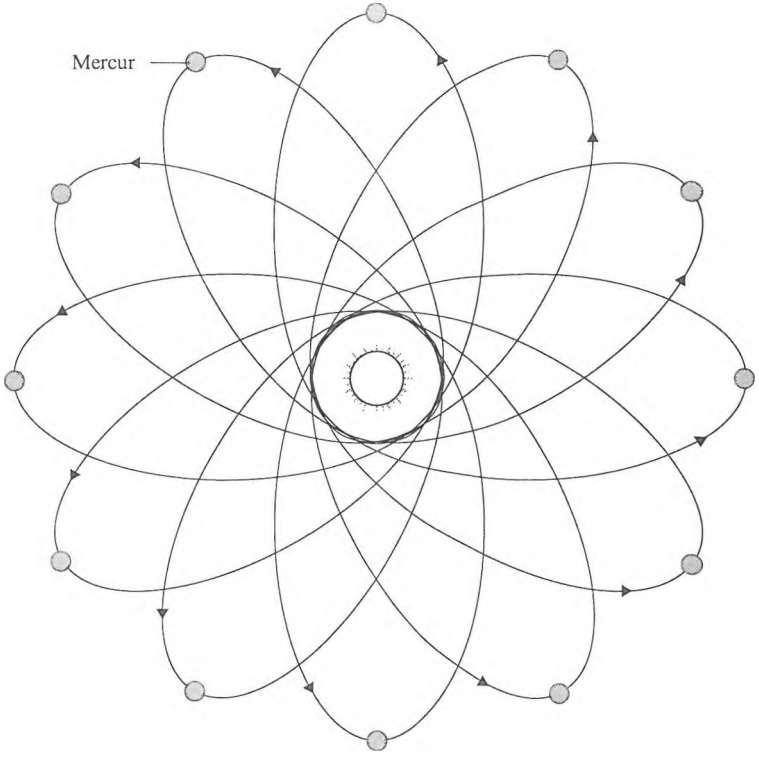


Figura 24 Astronomii din secolul al XIX-lea au fost puși în încurcătură de răsucirea orbitei lui Mercur. Desenul e exagerat în sensul că orbita reală a lui Mercur e mai puțin eliptică (adică e mai aproape de cerc), iar Soarele e mai aproape de centrul acelei orbite. Ce e însă mai important e că răsucirea orbitei e puternic exagerată. În realitate, fiecare orbită avansează cu doar 0,00038° în raport cu cea precedentă. Pentru unghiuri atât de mici, oamenii de știință nu folosesc gradele, ci minutele de arc sau secundele de arc:

un minut de arc = 1/60°
o secundă de arc = 1/60 minute de arc = 1/3 600°

Astfel, fiecare orbită a lui Mercur avansează cu aproximativ 0,023 minute de arc sau 1,383 secunde de arc în raport cu orbita precedentă. Perioada de revoluție a lui Mercur în jurul Soarelui este de 88 de zile terestre, așa încât, după un secol terestru, Mercur a parcurs 415 orbite, iar orbita lui a avansat cu 415 × 1,383 = 574 secunde de arc.

Newton. Schimbând în ecuația lui Newton pe r^2 cu $r^{2,00000016}$, puteau de bine, de rău salva abordarea clasică pentru a da socoteală de orbita lui Mercur:

$$F = \frac{G \times m_1 \times m_2}{r^{2,00000016}}$$

Dar era numai un truc matematic. Nu avea nici o justificare fizică, ci reprezenta încercarea disperată de a salva teoria lui Newton. Asemenea ajustări și soluții ad-hoc erau semnul aceleiași logici vicioase care îl făcuse în trecut pe Ptolemeu să adauge cercuri după cercuri la perspectiva sa epiciclică asupra unui univers geocentric.

Pentru ca Einstein să învingă acest conservatorism, să triumfe asupra criticilor săi și să-l detroneze pe Newton, trebuia să vină cu și mai multe dovezi în sprijinul teoriei sale. Trebuia să găsească alt fenomen care să poată fi explicat prin teoria lui, și nu prin cea a lui Newton, ceva excepțional care să aducă o dovadă copleșitoare și de netăgăduit în favoarea gravitației, relativității generale și spațiului-timp einsteinian.

Asocierea ultimă: teorie și experiment

Dacă o nouă teorie științifică vrea să fie luată în serios, ea trebuie să treacă două teste critice. În primul rând, trebuie să ducă la rezultate teoretice care concordă cu toate observațiile existente. Teoria gravitației elaborată de Einstein trecuse cu bine acest test, fiindcă, între altele, indicase valoarea exactă a răsucirii orbitei lui Mercur. Al doilea test, mai exigent, cere ca teoria să prezică rezultate pentru observații încă neefectuate. Odată ce savanții pot efectua aceste observații, și dacă ele confirmă predicțiile teoriei, atunci avem o dovadă solidă în favoarea teoriei. Când Kepler și Galilei au susținut că Pământul se rotește în jurul Soarelui, ei au trecut cu ușurință primul test, care însemna obținerea de rezultate teoretice în concordanță cu mișcările cunoscute ale planetelor. Al doilea test însă a fost trecut abia atunci când observațiile lui Galilei asupra fazelor lui Venus au confirmat o predicție făcută de Copernic cu decenii în urmă.

Motivul pentru care primul test, de unul singur, nu e suficient ca să-i convingă pe sceptici este teama că teoria putea să fi fost ajustată așa încât să conducă la rezultatul bun.* E însă imposibil să ajustezi o teorie pentru a fi în acord cu observații încă neefectuate. Să ne închipuim că vreți să investiți bani dând credit fie lui Alice, fie lui Bob, ambii pretinzând că au propriul lor sistem de teorii perfect pus la punct privind fluctuațiile acțiunilor la Bursă. Bob încearcă să vă convingă că teoria lui e mai bună arătându-vă cifrele Bursei de ieri și dezvăluindu-vă cum au fost ele perfect prezise de teoria lui. Pe de altă parte, Alice vă arată predicțiile pentru a doua zi. Douăzeci și patru de ore mai târziu, se dovedește că ea a avut dreptate. Cui i-ați da credit pentru a vă plasa investițiile, lui Bob sau lui Alice? Există evident bănuiala că Bob și-ar fi putut ajusta teoria pentru a se potrivi cu datele din ziua încheiată, așa încât teoria lui nu e cu totul convingătoare. Dar teoria Bursei elaborată de Alice chiar pare să funcționeze.

În mod asemănător, dacă Einstein voia să demonstreze că el are dreptate, iar Newton se înșală, trebuia să-și folosească teoria pentru a face o predicție importantă privind un fenomen încă neobservat. Evident, acest fenomen trebuia să aibă loc într-un mediu cu gravitație extremă, altminteri predicțiile lui Newton și ale lui Einstein ar fi coincis și nu ar fi existat un învingător.

În cele din urmă, testul crucial avea să fie legat de comportarea luminii. Înainte de a-și aplica teoria la cazul lui Mercur — de fapt, înainte de a-și desăvârși teoria generală a relativității —, Einstein începuse să studieze interacția dintre lumină și gravitație. În conformitate cu formularea sa spațio-temporală a gravitației, orice fascicul de lumină care trece în apropierea unei stele sau a unei planete masive trebuia să fie atras de forța gravitațională către stea sau către planetă, iar lumina ar apărea ușor deviată față de traiectoria ei inițială. Și teoria lui Newton prezicea că obiectele grele deviază lumina, dar într-o măsură

* Acest argument e, de pildă, valabil pentru teoria geocentrică a lui Ptolemeu (v. capitolul 1), în care cercurile adăugate succesiv conduc până la urmă la o bună concordanță cu observațiile, dar predicțiile pentru fazele lui Venus (necunoscute pe vremea lui Ptolemeu din cauza inexistenței telescoapelor) se dovedesc false. (*N. t.*)

mai mică.* Prin urmare, dacă cineva ar fi reuşit să măsoare devierea luminii de către un corp ceresc masiv, atunci, în funcţie de amploarea devierii, se putea stabili cine are dreptate, Einstein sau Newton.

Din 1912 Einstein a început să colaboreze cu Erwin Freundlich pentru a găsi o cale de a efectua această măsurătoare crucială. Dacă Einstein era fizician teoretician, Freundlich era un astronom încercat şi avea şanse mai mari să descopere o modalitate prin care să pună în evidenţă deformarea optică prezisă de relativitatea generală. La început, ei s-au întrebat dacă nu cumva Jupiter, cea mai masivă planetă din sistemul solar, e suficient de mare pentru a devia lumina provenită de la o stea îndepărtată, după cum se vede în figura 25. Dar, când Einstein a făcut calculele folosind formula sa, a devenit clar că valoarea deviaţiei provocate de Jupiter era prea mică pentru a fi detectată, chiar dacă masa planetei e de 300 de ori mai mare decât cea a Pământului. Einstein i-a scris lui Freundlich: „Ce păcat că natura nu ne-a dăruit o planetă mai mare ca Jupiter!"

Apoi, s-au concentrat asupra Soarelui, care e de o mie de ori mai mare decât Jupiter. Acum calculele lui Einstein arătau că atracţia gravitaţională a Soarelui ar avea o influenţă semnificativă asupra unei raze de lumină venind de la o stea îndepărată, iar curbarea luminii ar trebui să fie detectabilă. De exemplu, dacă steaua s-ar afla în spatele discului solar, altfel spus dacă linia vizuală de la Pământ la stea ar fi obturată de Soare, ar trebui să n-o putem vedea de pe Pământ, după cum e ilustrat în figura 26. Dar uriaşa forţă gravitaţională a Soarelui şi deformarea spaţiului-timp ar trebui să devieze lumina stelei spre Pământ, făcând-o vizibilă. Steaua, aflată în spatele Soarelui, ar apărea undeva în apropierea discului solar. Distanţa dintre poziţia ei reală şi cea aparentă ar fi foarte mică, dar ar arăta cine are dreptate, fiindcă

---

* În legea atracţiei gravitaţionale a lui Newton (v. p. 109) apar masele corpurilor care interacţionează, or fotonul, particula de lumină, are masă zero. Fotonul are însă energie, iar în deducerea devierii newtoniene a luminii s-a folosit o formulă care leagă devierea de energie. Problema poate fi privită şi prin prisma unei consecinţe a relativităţii speciale, echivalenţa dintre masă şi energie exprimată de celebra formulă $E = mc^2$. Aceasta însă n-are nici o legătură cu abordarea radical diferită a relativităţii generale, în care e adusă în discuţie însăşi structura spaţiului-timp, ceea ce explică diferenţa între predicţia newtoniană (combinată cu relativitatea specială) şi cea a relativităţii generale pentru devierea luminii în câmp gravitaţional. (*N. t.*)

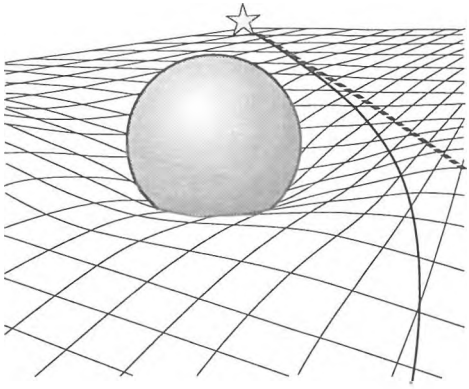


Figura 25 Pe Einstein îl interesa posibila deviere a unei raze de lumină provenind de la o stea de către Jupiter, o planetă suficient de masivă pentru a crea o vale adâncă în țesătura spațiului-timp. Desenul prezintă o stea îndepărtată emițând o rază de lumină care traversează spațiul. Linia dreaptă punctată indică felul în care ar călători lumina prin spațiul plat, dacă Jupiter n-ar exista. Linia curbă arată cum e lumina deviată datorită deformării spațiului provocate de Jupiter. Din păcate pentru Einstein, în cazul lui Jupiter devierea era prea mică pentru a fi detectată.

formula lui Newton prezicea o deplasare mai mică decât formula lui Einstein.

Apare însă o problemă: o stea a cărei lumină e deviată de Soare așa încât poziția ei aparentă se deplasează până în imediata apropiere a discului solar ar fi imposibil de observat din cauza strălucirii mult prea mari a Soarelui. De fapt, regiunea din jurul Soarelui e mereu plină de stele, dar ele rămân invizibile fiindcă strălucirea lor e neglijabilă în comparație cu cea a Soarelui. Există însă o împrejurare în care stelele aflate dincolo de Soare își fac apariția. În 1913, Einstein i-a scris lui Freundlich propunându-i să caute deplasări stelare în timpul unei eclipse totale de Soare.

Când Luna acoperă Soarele în cursul unei eclipse, pentru un timp se face întuneric și apar stelele. Discul Lunii îl acoperă atât de exact pe cel al Soarelui, încât am putea identifica o stea aflată sub un unghi de o fracțiune de arc în raport cu Soarele — mai bine zis o stea a cărei lumină a fost deviată astfel ca să *pară* că se află la o fracțiune de grad de discul solar.

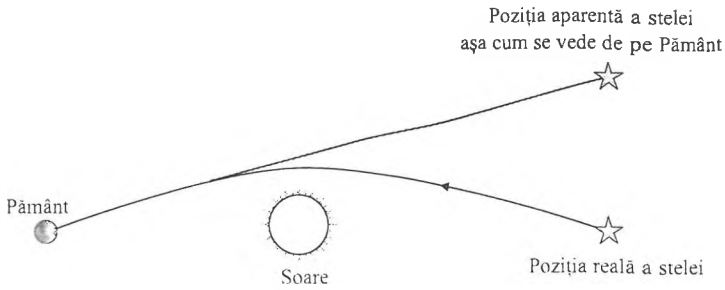


Figura 26 Einstein spera ca devierea provocată de Soare a luminii unei stele să fie folosită pentru a demonstra validitatea relativității generale. Linia vizuală de la Pământ la stea e obturată de Soare, dar masa Soarelui distorsionează spațiul-timp, iar lumina e deviată pe o traiectorie curbată către Pământ. Instinctul ne spune că lumina călătorește în linie dreaptă, așa încât de pe Pământ proiectăm înapoi drumul luminii în linia dreaptă pe care ni se pare că a sosit și avem senzația că steaua s-a deplasat. Teoria lui Einstein prezicea o deplasare stelară mai mare decât teoria lui Newton, astfel că măsurarea deplasării urma să indice care teorie a gravitației era cea corectă.

Einstein spera ca Freundlich să examineze fotografii luate în cursul eclipselor din trecut și să găsească modificările poziției stelelor de care avea nevoie pentru a demonstra că formula lui e cea corectă, dar a devenit imediat limpede că asemenea date la mâna a doua nu erau de-ajuns. Expunerea și încadrarea fotografiilor trebuiau să fie perfecte pentru a detecta mici deplasări ale pozițiilor stelelor, iar fotografiile eclipselor din trecut nu erau la înălțime.

Nu rămânea decât o singură soluție. Freundlich trebuia să organizeze o expediție pentru a fotografia următoarea eclipsă de Soare, observabilă din Crimeea pe 21 august 1914. Reputația lui Einstein depindea de această observație, așa că era pregătit ca, la nevoie, să sprijine financiar expediția. Gândul la expediție îl obseda. Când s-a dus să cineze la Freundlich, a mâncat ceva repede, apoi a început imediat să scrie pe fața de masă, verificând calculele încă o dată cu colegul său pentru a fi sigur că nu se strecurase nici o greșeală. Peste ani,

văduva lui Freundlich avea să regrete că a spălat fața de masă care, cu însemnările lui Einstein intacte, ar fi valorat o avere.

Freundlich a părăsit Berlinul cu destinația Crimeea pe 19 iulie. Călătoria lui s-a dovedit o întreprindere nebunească, fiindcă arhiducele Franz Ferdinand fusese asasinat cu o lună în urmă la Sarajevo, iar izbucnirea Primului Război Mondial era iminentă. Freundlich a ajuns în Rusia la timp pentru a-și instala telescopul, ignorând complet că Germania declarase deja război Rusiei. La acel moment, niște germani care umblau prin Rusia cu telescoape și echipament fotografic erau cât se poate de suspecți. Nu e deci de mirare că Freundlich și colegii lui au fost arestați sub învinuirea de spionaj. Mai mult, au fost închiși înainte ca eclipsa să aibă loc, așa încât expediția a fost un eșec total. Din fericire pentru Freundlich, germanii arestaseră cam în același timp un grup de ofițeri ruși, iar, în urma schimbului de prizonieri, pe 2 septembrie Freundlich s-a întors cu bine la Berlin.

Nereușita expediției spune multe despre felul în care războiul a paralizat vreme de patru ani progresul în fizică și astronomie. Știința pură a fost blocată, iar întreaga cercetare era concentrată pe câștigarea războiului. În plus, multe dintre tinerele minți strălucite ale Europei s-au înrolat și au luptat pe front. De exemplu, Henry Moseley* de la Oxford, care își făcuse deja un nume în fizica atomică, s-a înrolat voluntar într-una din diviziile lui Kitchener**. A debarcat la Gallipoli în vara lui 1915 pentru a se alătura forțelor aliate care atacau Turcia. Într-o scrisoare către mama sa, Moseley povestea ce a trăit la Gallipoli: „Singura grijă aici sunt muștele. Nu există țânțari, dar muște sunt pretutindeni, zi și noapte, în apă și în mâncare." În zorii zilei de 10 august, 30 000 de soldați turci au lansat un asalt. A urmat una dintre cele mai sângeroase bătălii duse la baionetă din întregul război, bătălie în urma căreia Moseley și-a pierdut viața. Până și presa germană deplângea dispariția lui, considerând-o „o grea pierdere" (*ein schwerer Verlust*) pentru știință.

---

* Henry Moseley este cel care, din difracția pe cristale a razelor X emise de atomi, a dedus o relație între lungimea de undă a radiației și numărul atomic. Această lege, care îi poartă numele, a stat la baza înțelegerii structurii atomului. (*N. t.*)

** Lordul Kitchener (1850–1916) a condus trupele britanice în războiul împotriva burilor. La începutul Primului Război Mondial, afișele în care apărea chemându-i pe tineri să se înroleze erau răspândite pretutindeni în Anglia. (*N. t.*)

La rândul lui, Karl Schwarzschild, directorul Observatorului astronomic de la Potsdam, s-a înrolat voluntar în armata germană. A continuat să scrie lucrări de fizică şi în tranşee. Una dintre aceste lucrări despre teoria generală a relativităţii, care avea să conducă mai târziu la înţelegerea găurilor negre, a fost prezentată de Einstein pe 24 februarie 1916 în faţa Academiei din Berlin. Patru luni mai târziu, Schwarzschild murea. Contractase o boală fatală pe frontul de est.

În timp ce Schwarzschild s-a oferit voluntar să lupte, omologul său de la Observatorul din Cambridge, Arthur Eddington, a refuzat să se înroleze din principiu. Quaker* fervent, Eddington îşi exprima deschis opiniile: „Sunt împotriva războiului din motive religioase. [...] Chiar dacă absenţa de pe front a pacifiştilor ar înclina decisiv balanţa şi ar duce la înfrângere, noi nu ne putem sluji naţiunea nesocotind porunca divină." Colegii lui Eddington l-au sfătuit insistent să se sustragă serviciului militar folosindu-se de argumentul că e mai util ţării ca savant, dar Ministerul de Interne a respins petiţia. Părea inevitabil ca poziţia lui de adversar al războiului să-l ducă direct într-un lagăr de detenţie.

Frank Dyson, Astronomul Regal**, i-a venit însă în ajutor. Dyson ştia că urma să aibă loc o eclipsă totală de Soare pe 29 mai 1919, iar în spatele discului solar urma să se găsească o formaţiune stelară bogată, cunscută sub numele de Hiade — scenariu ideal pentru măsurarea devierii gravitaţionale a luminii unei stele. Eclipsa urma să fie vizibilă în America de Sud şi Africa Centrală, deci observarea ei presupunea organizarea unei expediţii importante la tropice. Dyson a sugerat Amiralităţii că Eddington şi-ar putea sluji ţara conducând o asemenea expediţie, iar între timp ar trebui să rămână la Cambridge pentru a se ocupa cu pregătirile. S-a folosit de un argument şovin, spunând că era de datoria unui englez să apere teoria gravitaţiei elaborată de Newton împotriva teoriei germane a relativităţii generale. De fapt, cu inima şi cu mintea, Dyson era de partea lui Einstein, dar

---

* Secta protestantă a quakerilor (Societatea Păcii), înfiinţată în Anglia la mijlocul secolului al XVII-lea, a fost mult timp persecutată deoarece adepţii ei refuzau să presteze jurământul militar şi să se înroleze. (*N. t.*)

** Funcţia de Astronom Regal (Astronomer Royal), care există şi în zilele noastre, a fost înfiinţată în 1675 de Carol al II-lea, odată cu inaugurarea Observatorului Regal Greenwich. Primul Astronom Regal a fost John Flamsteed, cel de la care Newton a obţinut date necesare elaborării teoriei gravitaţiei. (*N. t.*)

spera că acest subterfugiu va convinge autoritățile. Talentul său persuasiv a dat până la urmă roade. Amenințarea cu internarea în lagăr a dispărut, iar lui Eddington i s-a permis să-și continue munca la Observator, pregătindu-se pentru eclipsa din 1919.

În tentativa de a testa teoria lui Einstein, Eddington era într-adevăr omul cel mai nimerit. Fusese pasionat de matematică și astronomie încă de la vârsta de patru ani, când încercase să numere toate stelele de pe cer. A devenit un elev strălucit și a obținut o bursă la Cambridge, unde a avut cele mai mari note dintre toți studenții. Și-a păstrat reputația, încheindu-și studiile cu un an mai devreme decât colegii săi. În cariera sa de cercetător a devenit un cunoscut adept al relativității generale și a scris *Teoria matematică a relativității*, lucrare socotită de Einstein „cea mai bună prezentare a subiectului dintre câte s-au făcut în toate limbile". Eddington era atât de strâns legat de teorie, încât fizicianul Ludwig Silberstein, care se considera o autoritate în domeniul relativității generale, i-a spus odată: „Cred că ești unul dintre cei trei oameni din întreaga lume care pricep relativitatea generală." Eddington n-a scos o vorbă până când Silberstein i-a zis că nu e cazul să fie așa modest. „Dimpotrivă", i-a răspuns Eddington, „încerc să-mi dau seama cine ar putea să fie a treia persoană."

În afară de înzestrările sale intelectuale și de încrederea necesară conducerii unei expediții, Eddington avea și o constituție fizică suficient de robustă pentru a îndura rigorile unei aventuri tropicale. Era un lucru important, fiindcă se știa bine că expedițiile astronomice erau călătorii epuizante care îi aduceau pe savanți până la limitele rezistenței. La sfârșitul secolului al XVIII-lea, de pildă, francezul Jean d'Autroche a întreprins două expediții pentru a observa trecerea planetei Venus prin dreptul Soarelui. Mai întâi, în 1761, s-a dus în Siberia, unde a trebuit să fie escortat de cazaci, fiindcă localnicii credeau că bizarul echipament cu care privea spre Soare era de vină pentru devastatoarele inundații cărora le fuseseră victime cu puțin timp în urmă. Apoi, opt ani mai târziu, și-a repetat observațiile din peninsula mexicană Baja, dar a murit imediat, împreună cu alți doi membri ai expediției, ucis de febră, iar unicul supraviețuitor a izbutit să aducă la Paris prețioasele măsurători.

Fără să aibă aceleași efecte fizice, alte expediții au provocat mari traume psihice. Unul dintre colegii lui d'Autroche, Guillaume le Gentil, a plănuit la rândul lui să observe trecerea lui Venus prin dreptul Soarelui

în 1761, numai că el a ales să se ducă în Indiile franceze, la Pondicherry. Când a ajuns acolo, izbucnise războiul între Franța și Anglia, iar Pondicherry se afla sub asediu, așa încât le Gentil n-a putut debarca în India. S-a hotărât atunci să aștepte în Insulele Mauritius și să-și câștige pâinea de zi cu zi făcând negoț, timp de opt ani, până la următoarea trecere a planetei. De data aceasta a putut ajunge la Pondicherry, iar în săptămânile dinaintea evenimentului soarele strălucea pe un cer perfect senin. În momenul crucial însă, cerul s-a acoperit de nori, obturându-i complet vederea. „Vreme de două săptămâni am trecut printr-o depresie cumplită", scria el, „și aproape că nu aveam curajul să iau pana ca să-mi continui jurnalul; de mai multe ori mi-a căzut din mână atunci când sosise momentul să dau raportul în Franța despre soarta misiunii mele." După o absență de 11 ani, 6 luni și 13 zile, s-a întors în cele din urmă în Franța, unde și-a găsit casa jefuită. A reușit totuși să-și refacă viața scriindu-și memoriile, care au devenit un mare succes comercial.

Pe 8 mai 1919, Eddington și tovarășii lui au părăsit portul Liverpool la bordul navei Anselm, îndreptându-se spre Madeira, unde savanții s-au împărțit în două grupuri. Unul a rămas la bordul lui Anselm și a călătorit spre Brazilia pentru a observa eclipsa din Sobral, în jungla braziliană, în timp ce Eddington și al doilea grup s-au îmbarcat pe nava Portugal, îndreptându-se spre Insulele Principe, în dreptul coastelor Guineei Ecuatoriale, în vestul Africii. Dacă în Amazonia cerul ar fi fost înnorat, se spera ca echipa africană să aibă mai mult noroc, sau viceversa. Expedițiile depindeau în mod critic de condițiile meteorologice, iar odată ajunse la destinație ambele echipe au început imediat să caute locul ideal de observație. Eddington a folosit unul dintre primele vehicule pe patru roți pentru a cerceta împrejurimile, și în cele din urmă s-a hotărât să-și instaleze echipamentul la Roca Sundy, o colină în nord-vestul Insulei Principe, unde riscul unui cer înnorat i se părea că e mai mic. Echipa lui a făcut teste cu plăcile fotografice și a verificat echipamentul, asigurându-se că totul va merge strună în ziua cea mare.

Pentru observațiile eclipsei existau trei rezultate posibile. Lumina stelei putea fi foarte ușor deviată, așa cum prezicea teoria lui Newton. Sau, așa cum spera Einstein, devierea putea fi mai mare, în conformitate cu relativitatea generală. În fine, rezultatul putea fi în dezacord cu ambele teorii ale gravitației, ceea ce însemna că atât Newton, cât și Einstein se înșelaseră. Einstein făcuse predicția că lumina unei stele

apărând la marginea discului solar ar trebui să fie deviată cu 1,74 secunde de arc (0,0005°), valoare care se afla în limitele de precizie ale echipamentului lui Eddington şi reprezenta dublul devierii prezise de teoria lui Newton. O asemenea deviere unghiulară e echivalentă cu deplasarea unei lumânări aflate la un kilometru cu doar un centimetru.

Pe măsură ce ziua eclipsei se apropia, nori rău-prevestitori se strângeau deasupra Insulei Principe şi se dezlănţuiau furtuni cu tunete şi fulgere. Furtunile s-au potolit în locul ales de Eddington pentru observaţie chiar cu o oră înainte ca discul Lunii să atingă marginea Soarelui, dar cerul era încă noros, iar condiţiile de vizibilitate departe de ideal. Misiunea era pusă în primejdie. Eddington a consemnat în carnetul lui ce s-a petrecut în continuare: „Ploaia s-a oprit pe la amiază, şi în jurul orelor 1.30, când faza parţială era destul de avansată, am început să avem o imagine a Soarelui. Trebuia să ne continuăm cu deplină încredere programul de fotografiere. Eu unul nu am văzut eclipsa, fiind prea ocupat cu schimbarea plăcilor, doar am aruncat o privire ca să mă asigur că a început şi să văd ce nori mai sunt [...]."

Echipa de observatori a acţionat cu o precizie militară. Plăcile au fost montate, expuse, apoi înlocuite într-o fracţiune de secundă. Eddington nota: „Eram conştienţi doar de strania semiobscuritate a peisajului, de tăcerea naturii, întreruptă de strigătele observatorilor şi de bătăile metronomului care măsura cele 302 secunde de eclipsă totală."

Dintre cele 16 fotografii făcute de echipa din Principe, majoritatea erau inutilizabile din pricina norilor care ascundeau stelele. De fapt, în cursul puţinelor preţioase momente de cer senin, putea fi făcută doar o singură fotografie de interes ştiinţific. În cartea sa *Spaţiu, timp şi gravitaţie*, Eddington povesteşte ce s-a întâmplat cu această preţioasă fotografie:

> Aceasta a fost măsurată [...] la câteva zile după eclipsa de Soare cu un aparat micrometric. Se punea problema să determinăm cum erau afectate poziţiile aparente ale stelelor de câmpul gravitaţional al Soarelui, în comparaţie cu poziţiile lor normale pe o fotografie făcută atunci când Soarele nu s-ar afla în calea lor. Fotografii normale pentru comparaţie fuseseră făcute în Anglia, cu acelaşi telescop, în ianuarie. Fotografia eclipsei şi o fotografie pentru comparaţie au fost plasate film peste film în aparatul de măsurat, aşa încât imaginile corespunzătoare să se suprapună, iar micile distanţe au fost măsurate pe două direcţii perpendiculare. Astfel, se puteau determina deplasările relative ale stelelor. [...] Rezultatele acestei plăci au indicat clar o deplasare în bun acord cu teoria lui Einstein şi în dezacord cu predicţiile lui Newton.

Stelele din imediata apropiere a discului solar au fost estompate de coroana solară — un halou strălucitor apărut de îndată ce Luna a acoperit complet Soarele. Dar stelele ceva mai îndepărtate de Soare au fost vizibile, iar ele fuseseră deviate cu aproximativ o secundă de arc în raport cu pozițiile lor obișnuite. Eddington a extrapolat valoarea devierii la stelele imperceptibile care se aflaseră chiar la marginea Soarelui și a estimat că devierea maximă trebuie să fi fost de 1,61 secunde de arc. După ce a ținut cont de precizia alinierii și toate sursele posibile de erori, Eddington a calculat că eroarea maximă în determinarea devierii era de 0,3 secunde de arc, așa încât rezultatul său final dădea pentru devierea gravitațională provocată de Soare o valoare de 1,61 ± 0,3 secunde de arc. Einstein prezisese o deviere de 1,74 secunde de arc, ceea ce însemna că predicția lui era în acord cu măsurătorile, în timp ce predicția bazată pe teoria lui Newton, doar 0,87 secunde de arc, dădea o valoare mult prea mică. Eddington le-a trimis colegilor de-acasă o telegramă de un optimism reținut: „Prin nori, cu speranțe. Eddington."

Când Eddington se îndrepta spre Anglia, echipa din Brazilia se afla și ea pe drumul de întoarcere. La Sobral, furtuna avusese loc cu câteva ore înaintea eclipsei, limpezind aerul, curățându-l de praf și oferind observatorilor condiții ideale de vizibilitate. Plăcile fotografice din Brazilia n-au putut fi examinate înainte de revenirea în Europa, fiindcă erau de un tip special care interzicea developarea lor în clima amazoniană fierbinte și umedă. Rezultatele din Brazilia, bazate pe măsurarea pozițiilor câtorva stele, conduceau către o deviere de 1,98 secunde de arc, superioară predicției lui Einstein, dar în acord cu ea, ținând cont de marja de eroare. Aceasta întărea concluzia echipei din Principe.

Încă înainte de anunțarea oficială a rezultatelor lui Eddington, zvonurile s-au răspândit imediat de la un capăt la altul al Europei. Ele au ajuns și la fizicianul olandez Hendrick Lorentz* care i-a spus lui

---

* Hendrick Antoon Lorentz (1853–1928) a jucat un rol însemnat ca precursor al relativității speciale. Dilatarea duratelor și contracția lungimilor (despre care se vorbește la începutul acestui capitol) sunt, matematic vorbind, o consecință a transformărilor care leagă coordonatele unui sistem de referință de coordonatele altui sistem de referință aflat în mișcare uniformă și rectilinie față de primul. Aceste tranformări (care poartă numele său) au fost descoperite de Lorentz încă din 1904, dar fizicianul olandez nu a ajuns la interpretarea fizică pe care Einstein a pus-o la baza relativității speciale. (*N. t.*)

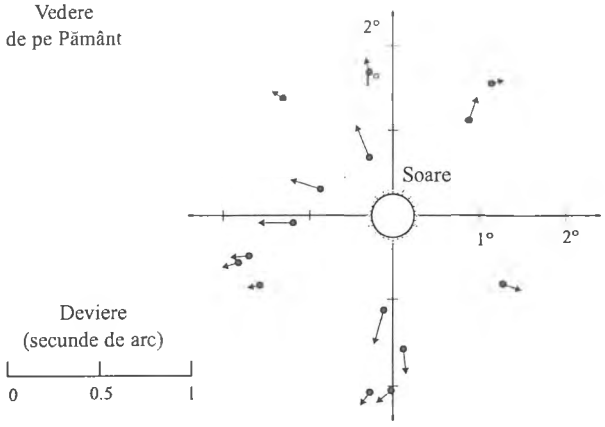


Figura 27 Rezultatele lui Eddington obținute în cursul expediției din 1919 au fost confirmate în 1922 de o echipă de astronomi care au observat o eclipsă de Soare în Australia. Graficul prezintă pozițiile reale pentru 15 stele din jurul Soarelui (punctele), iar vârfurile săgeților indică pozițiile observate, toate fiind deviate spre exterior. Figura 26 explică de ce raza de lumină provenind de la o stea și curbată de Soare face să ni se pară că steaua e mai departe de Soare.

Din punct de vedere tehnic, astronomii care vor să compare rezultatele observate cu predicțiile bazate pe teoriile lui Newton sau Einstein deseori extrapolează datele pentru a estima devierea unei stele ipotetice aflate chiar la marginea discului solar. Pozițiile reale ale stelelor sunt indicate în grade în raport cu Soarele, dar evident deplasările sunt prezentate la altă scară, în secunde de arc — altminteri ar fi prea mici pentru a apărea în desen.

Einstein că Eddington găsise dovezi puternice în favoarea relativității generale și a formulei sale pentru gravitație. La rândul lui, Einstein i-a trimis mamei sale o carte poștală cu un conținut laconic: „Veşti bune azi. H.A. Lorentz mi-a telegrafiat că expediția engleză a demonstrat într-adevăr devierea luminii de către Soare."

Pe 6 noiembrie 1919 rezultatele lui Eddington au fost prezentate oficial la o întrunire comună a Societății Astronomice Regale și a Societății Regale. La eveniment a asistat și matematicianul și filozoful Alfred North Whitehead: „Întreaga atmosferă de atenție încordată semăna perfect cu cea a unei tragedii antice: noi eram corul care comenta hotărârea destinului, așa cum se dezvăluia din desfășurarea unui

eveniment suprem. În chiar punerea în scenă exista ceva de sorginte dramatică — ceremonia tradițională, iar în fundal portretul lui Newton pentru a ne aminti că, după mai bine de două secole, cea mai măreață dintre generalizările științifice trebuia să fie acum, pentru prima oară, modificată."

Eddington a apărut pe scenă și a prezentat limpede și plin de însuflețire observațiile făcute, încheind prin a explica uimitoarele consecințe ce decurgeau din ele. A fost un spectacol de marc virtuozitate, oferit de un om convins că plăcile fotografice din Principe și Brazilia reprezentau dovada irefutabilă că perspectiva lui Einstein asupra universului era cea corectă.* Cecilia Payne, care avea să devină un celebru astronom, era o studentă de nouăsprezece ani când a urmărit conferința lui Eddington: „Rezultatul a fost o transformare totală a imaginii mele despre lume. Lumea mea fusese atât de zguduită, încât trăiam ceva asemănător unei căderi nervoase."

Existau însă și păreri diferite, cum ar fi cea a lui Oliver Lodge, unul dintre pionierii domeniului deschis de undele radio. Născut în 1851, Lodge era un veritabil savant victorian, bine ancorat în învățăturile lui Newton. De fapt, el credea în continuare cu tărie în eter și continua să pledeze în favoarea existenței acestuia: „Primul lucru care trebuie înțeles despre eter este absoluta lui continuitate. Un pește care trăiește pe fundul oceanului probabil că nu are cum să-și dea seama de existența apei; e prea uniform scufundat în ea: în aceeași situație ne aflăm și noi în raport cu eterul." El și contemporanii lui se luptau pentru a salva perspectiva unui univers newtonian umplut cu eter, dar încercările lor deveniseră neputincioase în fața dovezilor prezentate.

J.J. Thomson**, președintele Societății Regale, a rezumat astfel întrunirea: „Dacă se confirmă că raționamentul lui Einstein rămâne valabil — iar el a rezistat la două teste severe în legătură cu periheliul

---

* Analize mai recente privind felul în care Eddington a prelucrat datele lasă totuși să se întrevadă bănuiala că nu ar fi procedat absolut riguros. De pildă, a selectat acele date care conduceau către valoarea dorită pentru devierea razelor de lumină, cea a lui Einstein. A eliminat arbitrar unele din datele obținute la Sobral. Eddington de fapt voia să confirme rezultatul prezis de Einstein. Oricum, măsurători mai precise făcute cu ocazia următoarelor eclipse au confirmat teoria lui Einstein. (*N. t.*)

** J.J. Thomson (1856–1940) a condus celebrul Laborator Cavendish de la Cambridge și este descoperitorul electronului. (*N. t.*)

lui Mercur şi cu prezenta eclipsă —, atunci este una dintre cele mai mari realizări ale gândirii umane."

A doua zi, *The Times*, publica pe prima pagină cu litere de-o şchioapă: REVOLUŢIE ÎN ŞTIINŢĂ — NOUA TEORIE A UNIVERSULUI — IDEILE LUI NEWTON ARUNCATE PESTE BORD. Câteva zile mai târziu, *New York Times* anunţa: LUMINA SE ÎNCOVOAIE ÎN CER, TEORIA LUI EINSTEIN TRIUMFĂ. Peste noapte, Einstein devenise prima vedetă ştiinţifică a lumii. Demonstrase o capacitate fără egal de a înţelege forţele care conduc universul şi, în plus, era fermecător, plin de umor şi de înţelepciune. El reprezenta visul oricărui jurnalist. Deşi în primele momente s-a bucurat de atenţia cu care era înconjurat, curând delirul presei a început să-l obosească. Într-o scrisoare către fizicianul Max Born* îşi exprima îngrijorarea: „Excelentul tău articol din *Frankfurter Zeitung* mi-a plăcut foarte mult. Dar acum tu, ca şi mine, vom fi hărţuiţi de presă şi de toată gloata asta, ce-i drept, tu într-o măsură mai mică. E atât de rău încât abia dacă mai reuşesc să iau o gură de aer, ca să nu mai vorbesc de muncă în condiţii normale."

În 1921 Einstein a făcut prima dintre călătoriile sale în Statele Unite, iar de fiecare dată a fost înconjurat de mulţimi uriaşe şi a vorbit în faţa unor săli de conferinţă arhipline. Nici un fizician până la Einstein sau după el nu a dobândit o asemenea faimă mondială şi nu a trezit atâta admiraţie şi afecţiune. Poate că impactul lui Einstein asupra publicului e cel mai bine rezumat de un ziarist cam isteric, care vorbeşte despre efectele conferinţei ţinute de Einstein la Muzeul Naţional de Istorie Naturală din New York:

> Mulţimea, care se adunase în sala principală printre meteoriţi, şi-a dat seama că paznici în uniforme încercau să-i dea afară pe cei care n-aveau bilete. Temându-se că vor fi evacuaţi, câţiva tineri s-au năpustit brusc asupra celor patru sau cinci oameni de ordine care păzeau uşa ce dădea spre sala indienilor nord-americani. [...] După ce paznicii au fost azvârliţi afară, bărbaţii, femeile şi copiii din sala meteoriţilor s-au năpustit înăuntru. Cei mai puţin sprinteni au căzut şi au fost călcaţi în picioare. Femeile au început să ţipe. De îndată ce au putut ieşi din mulţime, paznicii au alergat după ajutoare. Portarul a telefonat la poliţie, iar în câteva minute oameni în uniformă goneau spre marea instituţie ştiinţifică pentru o misiune fără precedent în istoria Departamentului de Poliţie: înăbuşirea unei revolte ştiinţifice.

---

* Max Born (1882–1970), unul dintre marii fizicieni ai secolului XX, a fost prieten bun cu Einstein şi, în acelaşi timp, a avut contribuţii fundamentale în mecanica cuantică, teorie la care Einstein n-a aderat niciodată. (*N. t.*)

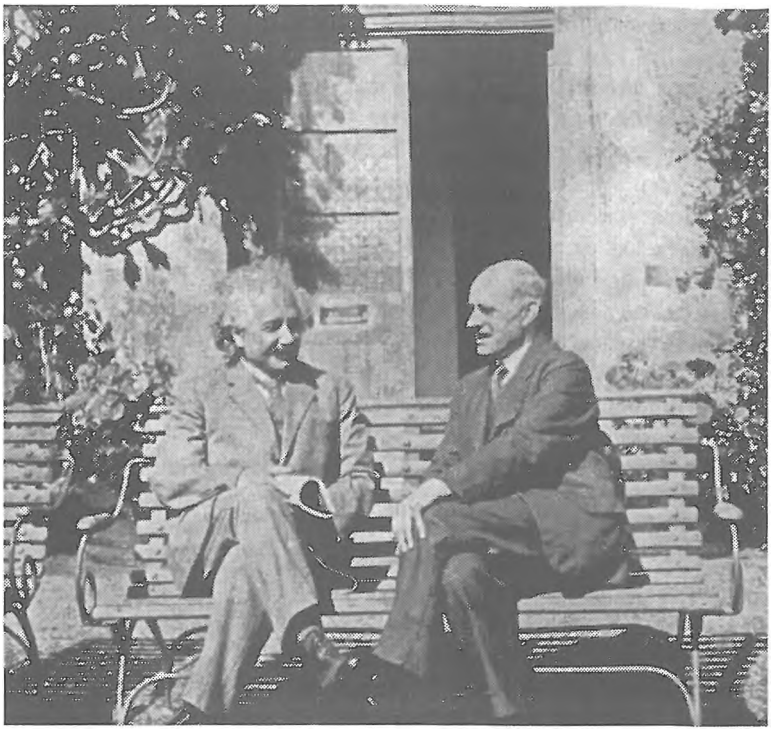


Figura 28 Albert Einstein, cel care a elaborat cadrul matematic al relativității generale, și Sir Arthur Eddington, cel care a demonstrat-o observând eclipsa din 1919. Fotografia a fost făcută în 1930, când Einstein a venit la Cambrige pentru a primi o distincție academică.

Deși teoria relativității generale era în întregime opera lui Einstein, el era conștient că observațiile lui Eddington reprezentaseră momentul crucial în acceptarea acestei revoluții în fizică. Einstein elaborase teoria; Eddington o confruntase cu realitatea. Observația și experimentul sunt arbitrii ultimi ai adevărului, iar relativitatea generală trecuse testul.

Totuși, atunci când a fost întrebat de un student cum ar fi reacționat dacă s-ar fi dovedit că universul lui Dumnezeu se comportă altfel decât prezicea teoria relativității generale, Einstein a răspuns pe jumătate în glumă, pe jumătate serios: „Mi-ar fi părut rău pentru Bunul Dumnezeu. Teoria e oricum corectă."

Universul lui Einstein

Teoria gravitației elaborată de Newton este larg folosită și în ziua de azi pentru a calcula, de pildă, zborul unei mingi de tenis, structura de rezistență a unui pod, oscilațiile unui pendul sau traiectoria unei rachete balistice. Formula lui Newton rămâne extrem de precisă când e aplicată unor fenomene care țin de domeniul gravitației terestre, unde forțele gravitaționale sunt relativ slabe. Teoria gravitației elaborată de Einstein s-a dovedit însă mai bună pentru că putea fi aplicată atât în mediul cu gravitație scăzută de pe Pământ, cât și în apropierea stelelor, unde gravitația e intensă. Deși teoria lui Einstein era superioară celei a lui Newton, creatorul relativității generale i-a adus un elogiu uriașului din secolul al XVII-lea pe ai cărui umeri stătea: „Tu ai găsit singura cale care, la acea epocă, cu greu îi era accesibilă unui om cu cele mai înalte înzestrări intelectuale și creatoare."

Am ajuns la teoria lui Einstein asupra gravitației pe un drum sinuos, care a adus în discuție măsurarea vitezei luminii, respingerea eterului, relativitatea galileană, relativitatea specială și, în fine, relativitatea generală. După toate aceste ocoluri, singurul lucru cu adevărat important de ținut minte este că astronomii dispuneau acum de o mai bună teorie a gravitației, o teorie mai precisă, în care se puteau încrede.

Înțelegerea gravitației are o importanță esențială în astronomie și cosmologie, deoarece gravitația e forța care guvernează mișcările și interacțiunile tuturor corpurilor cerești. Gravitația e cea care hotărăște dacă un asteroid se va ciocni de Pământ sau va trece pe lângă el; ea stabilește dacă două stele se rotesc una în jurul alteia, alcătuind un sistem stelar binar; și tot ea explică de ce o stea extrem de mare s-ar putea în cele din urmă prăbuși sub propria-i greutate pentru a forma o gaură neagră.

Einstein era nerăbdător să vadă cum era afectată înțelegerea universului de noua sa teorie a gravitației, așa încât în februarie 1917 a scris o lucrare științifică intitulată *Considerații cosmologice ale teoriei generale a relativității*. Cuvântul-cheie din titlu era „cosmologice". Pe Einstein nu-l mai interesa răsucirea orbitei lui Mercur sau felul în care Soarele nostru încovoaie o rază de lumină, ci se concentra asupra rolului gravitației la scară cosmică.

Einstein voia să înțeleagă proprietățile și interacțiunile întregului univers. Când Copernic, Kepler și Galilei și-au formulat viziunea

despre univers, ei și-au concentrat atenția asupra sistemului solar, dar pe Einstein îl interesa universul în întregul lui, în limitele accesibile prin telescop și dincolo de ele. La puțin timp după ce și-a publicat lucrarea, Einstein a spus: „Starea de spirit care îi îngăduie unui om să se îndeletnicească cu asemenea lucruri [...] seamănă cu cea a unui credincios devotat sau cu cea a unui îndrăgostit; efortul de zi cu zi nu vine din vreo intenție sau vreun program anume, ci direct din inimă."

A folosi o formulă a gravitației pentru a prezice comportamentul orbitei lui Mercur presupunea doar introducerea câtorva mase și distanțe și efectuarea unor calcule aproape banale. A face același lucru pentru întregul univers îți cere să iei în considerare toate stelele și planetele cunoscute și necunoscute. Pare o ambiție absurdă — e limpede că un asemenea calcul este imposibil. Dar Einstein și-a redus sarcina la un nivel abordabil făcând o singură ipoteză simplificatoare asupra universului.

Ipoteza lui Einstein, cunoscută sub numele de *principiu cosmologic*, afirmă că, în linii mari, universul este pretutindeni la fel. Mai exact, principiul presupune că universul e *izotrop*, ceea ce înseamnă că arată la fel în orice direcție ai privi — fapt confirmat când astronomii au început să privească din ce în ce mai departe în adâncurile spațiului. Principiul cosmologic presupunea de asemenea că universul e *omogen*, ceea ce înseamnă că universul arată la fel oriunde te-ai afla sau, altfel spus, că Pământul nu ocupă o poziție privilegiată în univers.

Când Einstein a aplicat relativitatea generală și formula gravitației asupra universului la scară mare, a fost ușor surprins și dezamăgit de predicțiile teoriei privind comportarea universului. A aflat că universul era tulburător de instabil. Formula gravitației arăta că toate corpurile din univers sunt atrase de toate celelalte corpuri la scară cosmică. Aceasta ar face ca fiecare obiect să se apropie din ce în ce mai mult de fiecare alt obiect. Atracția ar putea începe ca o alunecare ușoară, dar treptat s-ar transforma într-o avalanșă care ar duce în cele din urmă la o atotputernică prăbușire — universul părea destinat să se autodistrugă. Revenind la analogia între structura spațiului-timp și trambulina elastică, ne putem închipui o trambulină gigantică pe care se află câteva bile de popice, fiecare creându-și propria sa adâncitură. Mai devreme sau mai târziu, două bile se vor rostogoli una spre alta, formând o adâncitură și mai mare care, la rândul ei, va atrage

celelalte bile, până când se vor prăbuși toate într-o singură groapă, foarte adâncă.

Era un rezultat absurd. Așa cum am văzut în capitolul 1, la începutul secolului XX, comunitatea științifică era convinsă că universul e static și etern, iar nu într-o mișcare de contracție și efemer. Nu e deci de mirare că Einstein a fost nemulțumit de ideea unui univers care se prăbușește: „Să accept o asemenea posibilitate mi se pare absurd."

Deși teoria newtoniană a gravitației era diferită, conducea și ea către un univers în prăbușire, iar Newton fusese la rândul lui tulburat de consecințele teoriei sale. Una din soluții era să-și închipuie un univers infinit și simetric, în care fiecare corp ar fi fost atras în mod egal în toate direcțiile și n-ar exista vreo mișcare globală sau vreo prăbușire. Din nefericire, și-a dat imediat seama că acest univers fin echilibrat ar fi instabil. În teorie, un univers infinit s-ar putea afla în stare de echilibru, dar în practică cea mai mică perturbare a echilibrului gravitațional ar destabiliza universul și ar conduce spre o catastrofă. De pildă, o cometă străbătând sistemul solar ar face să crească pentru moment densitatea de masă a fiecărei regiuni din spațiu prin care trece, atrăgând mai multă materie spre acele regiuni și declanșând astfel procesul de prăbușire totală. Chiar și prin simplul gest de a întoarce pagina unei cărți alterăm echilibrul universului, iar astfel declanșăm inevitabilul cataclism. Pentru a rezolva problema, Newton a sugerat că Dumnezeu intervine din când în când și îndepărtează corpurile cerești unele de altele.

Einstein refuza să-i recunoască lui Dumnezeu un rol în menținerea corpurilor la distanță, dar în același timp voia cu orice preț să găsească o cale de a rămâne cu un univers etern și static, în consens cu opinia generală a oamenilor de știință. După ce și-a reexaminat teoria relativității generale, a descoperit un truc matematic care ar fi salvat universul de la prăbușire. A văzut că formula lui pentru gravitație putea fi modificată așa încât să includă un termen nou, pe care l-a botezat *constantă cosmologică*. Aceasta umplea spațiul gol cu o presiune intrinsecă ce avea tendința de a împinge universul mai departe. Cu alte cuvinte, constanta cosmologică dădea naștere unei noi forțe repulsive care acționa împotriva atracției gravitaționale a tuturor stelelor. Era un fel de antigravitație, a cărei intensitate depindea de valoarea dată constantei (care în principiu putea lua orice valoare). Einstein și-a dat seama

că, alegând cu atenție valoarea constantei cosmologice, putea echilibra exact atracția gravitațională obișnuită și opri universul din prăbușire.

Esențial era că această antigravitație devenea semnificativă la scara uriașelor distanțe cosmice, dar era neglijabilă la distanțe scurte. Prin urmare, n-ar fi impietat asupra capacității relativității generale de a descrie cu succes gravitația la scară terestră sau stelară. Pe scurt, formula revizuită a lui Einstein pentru relativitatea generală ar fi rezolvat simultan trei probleme distincte. Ea putea:

1. explica un univers static și etern,
2. reproduce toate succesele lui Newton în condiții de gravitație scăzută (de exemplu pe Pământ),
3. reuși în condiții de gravitație intensă, acolo unde Newton dăduse greș (de exemplu în cazul lui Mercur).

Mulți cosmologi au fost mulțumiți de constanta cosmologică a lui Einstein, pentru că părea să armonizeze relativitatea generală cu un univers static și etern. Nimeni însă nu avea vreo idee despre ce ar putea reprezenta de fapt constanta gravitațională. Într-un fel, semăna cu epiciclurile lui Ptolemeu, în sensul că era o găselniță care îi permitea lui Einstein să obțină rezultatul corect. El însuși a recunoscut cu timiditate că așa stăteau lucrurile atunci când a mărturisit că, într-adevăr, constanta cosmologică „era necesară numai în scopul de a se ajunge la o distribuție cvasi-statică a materiei". Cu alte cuvinte, era o născocire de care Einstein s-a folosit pentru a obține rezultatul așteptat: un univers stabil și etern.

Einstein a recunoscut de asemenea că i se părea urâtă constanta cosmologică. Lăsând la o parte rolul ei în relativitatea generală, a spus odată că „știrbește frumusețea formală". Aceasta era o problemă gravă, fiindcă de multe ori teoreticienii sunt stimulați în căutările lor de aspirația spre frumos. Există un consens în privința faptului că legile fizicii trebuie să fie elegante, simple și armonioase, iar deseori acești factori sunt excelente călăuze care îi îndreaptă pe fizicieni spre legi ce ar putea fi valabile și îi îndepărtează de false legi.* În orice context, frumusețea e greu de definit, dar ne dăm seama cu toții de prezența ei dacă o vedem, iar atunci când Einstein privea la constanta lui

* Este celebră fraza unuia dintre marii fizicieni ai secolului XX, P.A.M. Dirac: „Legile fizicii trebuie să aibă frumusețe matematică." (*N. t.*)

Figura 29 Aleksandr Friedmann, matematicianul rus al cărui model cosmologic presupunea un univers dinamic aflat în expansiune.

cosmologică trebuia să recunoască: nu arăta deloc bine. Şi totuşi, era gata să sacrifice frumuseţea formulei sale pentru a permite teoriei relativităţii generale să se pună de acord cu un univers etern, aşa cum cerea ortodoxia ştiinţifică.

Între timp, un alt savant a adoptat perspectiva opusă şi a aşezat frumuseţea mai presus de ortodoxie, într-o viziune radical diferită asupra universului. După ce a citit cu încântare lucrarea de cosmologie a lui Einstein, Aleksandr Friedmann a pus sub semnul întrebării rolul constantei cosmologice şi a sfidat consensul autorităţilor ştiinţifice din vremea lui.

Născut la Sankt Petersburg în 1888, Friedmann a crescut în mijlocul unor mari tulburări politice şi s-a obişnuit de tânăr să fie în răspăr cu autorităţile. Încă din adolescenţă a condus greve ale elevilor, o parte din amplul protest la scară naţională împotriva regimului ţarist. Revoluţia din 1905, care a urmat protestelor, avea să conducă la revizuirea constituţiei şi la o perioadă de relativ calm, deşi ţarul Nicolae al II-lea rămăsese la putere.

Ajuns la Universitatea din Sankt Petersburg pentru a studia matematica, Friedmann a devenit protejatul profesorului Vladimir Steklov, el însuşi antiţarist, care l-a încurajat să abordeze probleme ce i-ar fi intimidat pe mulţi alţi studenţi. Steklov ţinea un jurnal amănunţit şi a consemnat ce s-a petrecut când i-a pus în faţă lui Friedmann o teribilă problemă matematică, legată de ecuaţia lui Laplace: „Am atins în treacăt această problemă în teza mea de doctorat, dar n-am tratat-o în detaliu. I-am sugerat Dlui Friedmann să încerce s-o rezolve, ţinând cont de uimitoarea sa capacitate de muncă şi vastele sale cunoştinţe, în comparaţie cu alţii de vârsta lui. În ianuarie anul curent, Dl Friedmann mi-a trimis un studiu exhaustiv de circa 130 de pagini, în care a dat problemei o soluţie absolut satisfăcătoare."

Deşi era limpede că Friedmann avea pasiune şi talent pentru matematică, disciplină cât se poate de abstractă, avea o aplecare şi spre ştiinţă şi tehnică, iar în cursul Primului Război Mondial s-a angajat în cercetarea militară. S-a oferit chiar să zboare ca voluntar într-o misiune de bombardament şi şi-a folosit aptitudinile matematice în problema practică a lansării bombelor cu mai mare precizie. I-a scris lui Steklov: „Am avut recent ocazia să-mi verific ideile într-un zbor deasupra oraşului Przemysl; s-a dovedit că bombele cad aproape exact aşa cum o prezice teoria. Pentru a avea demonstraţia finală a teoriei, am să zbor din nou în zilele următoare."

După Primul Război Mondial, Friedmann a trebuit să îndure revoluţia din 1917, iar apoi războiul civil. Când s-a întors în sfârşit la viaţa academică, s-a confruntat cu sosirea târzie a relativităţii generale, care fusese pe larg discutată în Occident, dar a trebuit să aştepte ani buni pentru a fi receptată corect în cercurile academice din Rusia. Poate că tocmai izolarea Rusiei faţă de comunitatea ştiinţifică din Occident i-a permis lui Friedmann să ignore abordarea cosmologică a lui Einstein şi să-şi făurească propriul său model asupra universului.

În timp ce Einstein a pornit de la presupunerea că universul e etern, iar apoi a adăgat constanta cosmologică pentru ca teoria să-i confirme aşteptările, Friedmann a adoptat atitudinea opusă. El a pornit de la teoria relativităţii generale, în forma ei cea mai simplă şi mai atrăgătoare estetic — fără constantă cosmologică —, dobândind astfel libertatea de a vedea ce fel de univers rezultă pe cale logică din teorie. Era o abordare tipic matematică, fiindcă în fond Friedmann era matematician. Spera, evident, ca abordarea lui, mai pură, să conducă la

o descriere exactă a universului, dar pentru Friedmann frumusețea ecuației și măreția teoriei aveau întâietate asupra realității — sau, mai bine zis, asupra așteptărilor.

Cercetările lui Friedmann au atins punctul culminant în 1922, când a publicat un articol în *Zeitschrift für Physik*. În timp ce Einstein pleda pentru o constantă cosmologică atent ajustată și un univers fin echilibrat, Friedmann arăta acum că diferite modele ale universului ar putea fi create pornind de la diferite valori ale constantei cosmologice și, în primul rând, punea în evidență un univers în care constanta cosmologică era zero. Un asemenea model se întemeia pe formula inițială a lui Einstein pentru gravitație, fără nici o constantă cosmologică. Neexistând o constantă cosmologică pentru a contracara atracția gravitațională, modelul lui Friedmann se expunea neobositei acțiuni a gravitației. Aceasta conducea către un univers dinamic, în evoluție.

Pentru Einstein și colegii lui, dinamismul acesta era asociat cu un univers condamnat la prăbușirea catastrofală. De aceea, majoritatea cosmologilor l-au considerat inacceptabil. Pentru Friedmann însă, dinamismul era asociat cu un univers ce ar fi început printr-o expansiune, având astfel impulsul inițial care să se opună atracției gravitaționale. Dar aceasta era o viziune cu totul nouă asupra universului.

Friedmann a explicat că modelul său putea reacționa la gravitație în trei moduri, în funcție de viteza cu care a început expansiunea și de cantitatea de materie pe care o conține. Prima posibilitate presupunea că densitatea medie a universului e ridicată, multe stele aflându-se într-un volum dat. Multe stele înseamnă atracție gravitațională puternică, ceea ce ar trage în cele din urmă stelele înapoi, oprind expansiunea și provocând treptat contracția universului până la prăbușirea totală. A doua variantă a modelului lui Friedmann presupunea că densitatea medie a stelelor e scăzută, caz în care atracția gravitației nu ar învinge niciodată expansiunea universului, care ar continua să se extindă pe veci, nelimitat. A treia variantă lua în considerare o densitate între cele două extreme, conducând spre un univers în care gravitația încetinește, dar nu oprește niciodată complet expansiunea. Astfel, universul nici nu s-ar prăbuși într-un punct, nici nu s-ar dilata dincolo de orice limite spațiale.

O analogie utilă ar fi să ne închipuim un tun care lansează ghiulele cu o viteză fixă. Să ne imaginăm că scenariul are loc pe trei planete de dimensiuni diferite, așa cum se vede în figura 30. Dacă planeta e

masivă, ghiuleaua va zbura câteva sute de metri până când gravitația puternică o va face să cadă pe sol. Acest caz corespunde primului model al lui Friedmann, în care un univers foarte dens se extinde și apoi se prăbușește. Dacă planeta e foarte mică, atunci gravitația e slabă, iar ghiuleaua își ia zborul în spațiu fără a mai fi văzută vreodată, caz corespunzând celui de-al doilea scenariu al lui Friedmann, în care universul se extinde pe veci. Dar, dacă planeta are exact o anume dimensiune, intermediară, și o anumită gravitație, atunci ghiuleaua călătorește în sus, încetinește și intră pe orbită, fără să se îndepărteze și fără să se apropie de planetă, caz corespunzând celui de-al treilea scenariu al lui Friedmann.

Toate aceste trei perspective au în comun ideea de univers aflat în schimbare. Friedmann credea într-un univers care azi arată altfel decât ieri, iar mâine va arăta altfel decât azi. Perspectiva unui univers care evoluează la scară cosmică și nu rămâne static pe veci a fost contribuția revoluționară a lui Friedmann în cosmologie.

Cum ipotezele se înmulțesc, poate că ar fi mai bine să ne oprim pentru o clipă și să cumpănim. Einstein oferise două versiuni ale relativității generale, una cu constantă cosmologică și alta fără. El a creat apoi un model de univers static, bazat pe teoria cu constantă cosmologică, în timp ce Friedmann a creat un model (în trei variante) bazat pe o teorie fără constanta cosmologică. Pot fi create, desigur, o mulțime de modele, dar există o singură realitate. Problema e care model se potrivește cu realitatea.

Din perspectiva lui Einstein, răspunsul era clar: el avea dreptate, iar Friedmann se înșela. Credea chiar că lucrarea rusului conținea erori matematice și a adresat revistei care i-a publicat lui Friedmann articolul o scrisoare de protest: „Rezultatele privind o lume nestațională, conținute în lucrare [a lui Friedmann], mi se par dubioase. În realitate se dovedește că soluțiile date acolo nu satisfac ecuațiile [relativității generale]." Calculele lui Friedmann erau însă corecte, așa încât modelele sale erau matematic valabile, chiar dacă asemănarea lor cu realitatea rămânea o problemă deschisă. Poate că Einstein și-a aruncat doar în treacăt privirea asupra articolului și a presupus că trebuie să existe o eroare, din moment ce contrazicea credința lui într-un univers static.

Când Friedmann i-a cerut să-și retragă afirmațiile, Einstein s-a găsit în situația umilitoare de a recunoaște: „Sunt convins că rezultatele Dlui Friedmann sunt deopotrivă corecte și lămuritoare. Ele arată că,

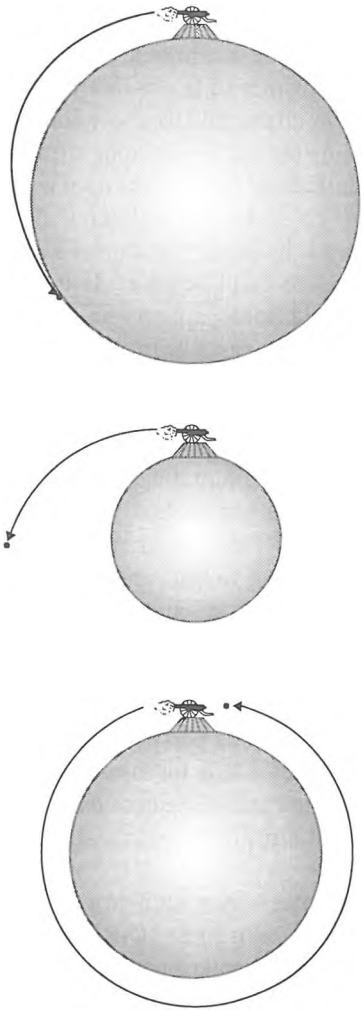


Figura 30 O ghiulea lansată cu aceeaşi viteză de un tun, pe trei planete de dimensiuni diferite. Planeta (a) e atât de masivă, iar atracția sa gravitațională atât de puternică, încât ghiuleaua cade înapoi pe sol. Planeta (b) e atât de uşoară, iar atracția sa gravitațională atât de slabă, încât îşi ia zborul în spațiu. Planeta (c) are exact masa potrivită pentru ca ghiuleaua să intre pe orbită.

în plus față de soluțiile statice ale ecuațiilor [relativității generale], există soluții variabile în timp, cu o structură spațială simetrică." Deși acum era de acord că soluțiile dinamice ale lui Friedmann sunt corecte matematic, Einstein continua să le considere științific irelevante. E semnificativ faptul că, în ciorna inițială a textului de retractare, Einstein diminua valoarea soluțiilor lui Friedmann, afirmând că „e greu să li se atribuie vreo semnificație fizică", dar apoi a tăiat această critică, amintindu-și probabil că scrisoarea trebuia să fie una de scuze.

În ciuda obiecțiilor lui Einstein, Friedmann a continuat să-și susțină propriile idei. Dar înainte ca el să poată da un asalt decisiv asupra concepțiilor adânc înrădăcinate, a intervenit destinul. În 1925, soția lui era însărcinată și urma să nască primul lor copil, așa că Friedmann privea plin de încredere spre viitor. În timp ce lucra departe de casă, îi scria soției: „Acum, când toți au plecat de la observator, iar eu am rămas singur printre statuile și portretele înaintașilor, sufletul meu devine tot mai împăcat după agitația zilei și mă umple de bucurie gândul că, la mii de verste depărtare, bate inima iubită, trăiește sufletul delicat, crește noua viață [...] viață al cărei viitor e o taină, viață lipsită de trecut." Friedmann însă nu va trăi pentru a-și vedea copilul născut. S-a îmbolnăvit grav, probabil de febră tifoidă, și a murit într-o stare de delir. Un ziar din Leningrad anunța că încercase să efectueze calcule pe patul de moarte, în vreme ce mormăia ceva despre studenții lui și ținea conferințe unui public imaginar.

Friedmann elaborase o nouă perspectivă asupra universului, dar a murit aproape necunoscut. Ideile lui fuseseră publicate, dar cât timp a trăit au fost complet ignorate. Aceasta se explica în parte prin faptul că Friedmann era pur și simplu prea radical. Se pare că avea multe în comun cu Copernic.

În plus, Friedmann avusese ghinionul de a fi condamnat de Einstein, cel mai celebru cosmolog din lume. Deși Einstein, călcându-și pe inimă, scrisese o retractare, faptul că aceasta nu a circulat într-un cerc larg a făcut ca reputația lui Friedmann să rămână pătată. De asemenea, Friedmann avea o formație de matematician, și nu de astronom, așa încât cosmologii îl considerau un intrus. Mai presus de toate însă, Friedmann se afla înaintea timpului său. Astronomii nu erau încă în stare să efectueze acele observații fine care ar fi putut veni în sprijinul unui model al universului în expansiune. Friedmann de altfel recunoscuse deschis că nu exista nici o dovadă în favoarea modelelor sale:

„Toate acestea ar trebui pentru moment considerate ca niște fapte ciudate, care nu pot fi susținute de aparatura experimentală inadecvată din astronomie."

Din fericire, ideea de univers în expansiune și evoluție n-a dispărut cu desăvârșire. Ea a răsărit din nou la câțiva ani după moartea lui Friedmann, dar nici acum savantului rus nu i s-au recunoscut meritele. Motivul e că modelul universului în expansiune a fost reinventat independent, pornind de la zero, de către Georges Lemaître, un preot și cosmolog belgian a cărui perioadă de formare a fost grav perturbată de Primul Război Mondial.

Născut la Charleroi în 1894, Lemaître și-a început studiile de inginerie la Universitatea din Louvain, dar a trebuit să le întrerupă când forțele germane au invadat Belgia. Și-a petrecut următorii patru ani în armată, asistând la primul atac german cu gaze toxice și primind pentru curajul dovedit pe front La Croix de Guerre. După încheierea războiului și-a terminat studiile la Louvain, dar a trecut de la inginerie la fizica teoretică, iar în 1920 s-a înscris și la seminarul teologic din Malines. A fost hirotonit în 1923 și tot restul vieții a fost deopotrivă preot și fizician. „Există două căi de a ajunge la adevăr", spunea el. „M-am hotărât să le urmez pe amândouă."

După hirotonire, Lemaître a petrecut un an la Cambridge sub îndrumarea lui Arthur Eddington, care îl socotea „un student absolut strălucit, extrem de perspicace și pătrunzător, cu mare talent pentru matematică". În anul următor s-a dus în America pentru a face măsurători astronomice la observatorul de la Harvard și a-și începe doctoratul la Institutul Tehnologic din Massachusetts. Lemaître pătrunsese în comunitatea astronomilor și cosmologilor, și se familiarizase cu latura observațională a domeniului în încercarea de a contrabalansa preferința lui pentru teorie.

În 1925 s-a întors la Universitatea din Louvain, unde a primit un grad academic, și a început să-și elaboreze propriile modele cosmologice, pornind de la ecuațiile relativității generale, dar ignorând rolul constantei cosmologice. În următorii doi ani a redescoperit modelele care descriu un univers în expansiune, fără să știe că Friedmann își pusese aceleași probleme cu zece ani înaintea lui.

Lemaître a mers însă mai departe decât predecesorul său rus, urmărind sistematic consecințele unui univers în expansiune. În timp ce Friedmann era matematician, Lemaître era un cosmolog care voia să

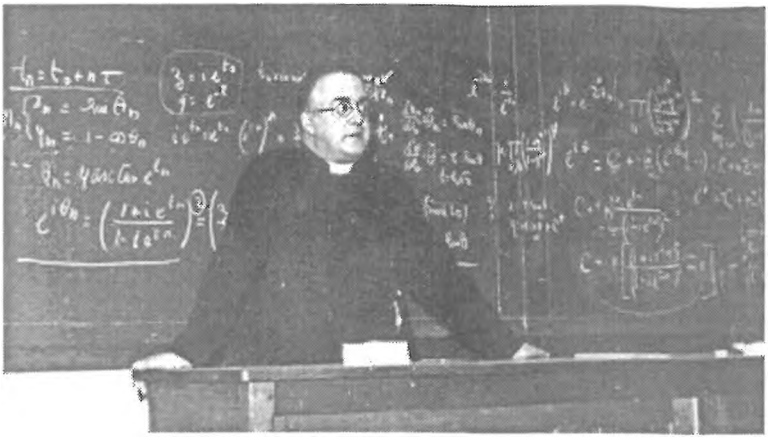


Figura 31 Georges Lemaître, preotul și cosmologul belgian care, fără să știe, a readus la viață modelul lui Friedmann, în care universul evoluează și se extinde. Teoria lui susținea că universul a început cu un atom primordial care a explodat, fiind un precursor al modelului big bang.

înțeleagă realitatea din spatele ecuațiilor. Lemaître era în special interesat de istoria fizică a cosmosului. Dacă într-adevăr universul se extindea, atunci ieri trebuie să fi fost mai mic decât azi, iar anul trecut trebuie să fi fost încă și mai mic. Urmând acest fir logic, dacă ne întoarcem în timp suficient de mult, întreg spațiul trebuie să se fi redus la o regiune minusculă. Cu alte cuvinte, Lemaître era pregătit să dea ceasul înapoi până ar fi ajuns la începutul universului.

Marea descoperire a lui Lemaître a fost că relativitatea generală implica existența unui moment al creației. Deși căutarea adevărului științific nu a interferat la el cu căutarea adevărului teologic, această idee trebuie să-l fi tulburat pe tânărul preot. Lemaître a tras concluzia că universul a început într-o mică regiune compactă, din care a explodat și a evoluat de-a lungul timpului, pentru a deveni universul în care ne aflăm astăzi. El credea de asemenea că universul va continua să evolueze și în viitor.

După ce a elaborat acest model al universului, Lemaître a început să caute acea fizică ce putea fi coroborată cu teoria creației și evoluției cosmice, sau o putea explica. S-a aplecat asupra unui domeniu de interes tot mai mare în rândul astronomilor, fizica razelor cosmice.

Încă din 1912, savantul austriac Viktor Hess atinsese cu balonul altitudinea de aproape 6 kilometri și detectase prezența unor particule de energie înaltă venind din spațiu. Lemaître cunoștea de asemenea procesul *dezintegrării radioactive*, proces în care atomi mari, cum ar fi cel de uraniu, se fragmentau în atomi mai mici, emițând particule, radiație și energie. Lemaître a emis ipoteza că un proces similar, dar la o scară mult mai mare, putea să fi dat naștere universului. Extrapolând înapoi în timp, Lemaître și-a închipuit că toate stelele au fost comprimate într-un univers ultra-compact pe care l-a botezat *atom primordial*. Momentul creației era, pentru el, momentul în care acest unic, atotcuprinzător atom s-a dezintegrat brusc, generând toată materia din univers.

Lemaître a mai emis ipoteza că radiația cosmică observabilă azi ar putea reprezenta rămășițele dezintegrării inițiale, iar masa aceea de materie ejectată s-ar fi condensat de-a lungul timpului pentru a forma stelele și planetele de astăzi. Mai târziu, avea să-și rezume teoria astfel: „Ipoteza atomului primordial este o ipoteză cosmogonică în care universul actual apare ca rezultatul dezintegrării radioactive a unui atom." În plus, energia eliberată în această mamă a tuturor dezintegrărilor radioactive ar fi fost sursa care a declanșat expansiunea — aspect esențial în modelul său.

Lemaître a fost deci primul savant care a oferit o descriere destul de credibilă și detaliată a ceea ce numim azi modelul big bang al universului. El susținea că nu e doar *un* model al universului, ci însuși *modelul* universului. El a pornit de la relativitatea generală a lui Einstein, a elaborat un model teoretic al creației cosmologice și al expansiunii, iar apoi l-a integrat în observațiile cu privire la fenomene cum ar fi razele cosmice și dezintegrarea radioactivă.

Existența unui moment al creației era punctul central în modelul lui Lemaître, dar îl preocupau și procesele care transformaseră o explozie informă în stelele și planetele pe care le vedem astăzi. El elaborase o teorie a creației, evoluției și istoriei universului. Deși cercetările sale erau raționale și logice, scria despre ele în termeni poetici: „Evoluția universului poate fi asemuită cu spectacolul unor focuri de artificii care tocmai s-a încheiat: câteva fărâme, cenușă și fum. Stând pe cenușa deja rece, vedem sorii pălind și încercăm să regăsim strălucirea apusă a originilor lumii."

Cuplând teoria cu observația și așezând big bang-ul în cadrul fizicii și astronomiei observaționale, Lemaître mersese mult mai departe decât Friedmann. Când însă preotul belgian și-a prezentat teoria creației în 1927, ea a fost întâmpinată cu aceeași tăcere răuvoitoare ca și modelele lui Friedemann. Pe Lemaître nu l-a ajutat nici faptul că a ales să-și publice ideile într-o revistă belgiană de circulație restrânsă, *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*.

Situația s-a înrăutățit în urma unei întâlniri cu Einstein, curând după ce Lemaître publicase *Hypothèse de l'atome primitif*. Lemaître participa la Conferința Solvay de la Bruxelles din 1927, o reuniune a celor mai mari fizicieni din lume, unde prezența sa a fost imediat remarcată datorită hainelor preoțești bătătoare la ochi. A reușit să-l abordeze pe Einstein și să-i explice viziunea lui asupra unui univers creat și în expansiune. Einstein i-a răspuns că auzise deja ideea asta de la Friedmann, vorbindu-i belgianului pentru prima dată despre lucrările colegului său rus decedat. Apoi Einstein îi trânti lui Lemaître: „Calculele dumitale sunt corecte, dar fizica e lamentabilă."

Lui Einstein i se oferise de două ori ocazia să accepte sau cel puțin să ia în considerare scenariul big bang, dar el refuzase de fiecare dată. Respingerea de către Einstein însemna respingerea din partea întregii comunități științifice. În absența unor dovezi concludente, binecuvântarea sau critica lui Einstein puteau face sau desface o teorie pe cale să se nască. Einstein, care odinioară fusese simbolul spiritului rebel, devenise un fel de dictator fără voie. Mai târziu avea să înțeleagă toată ironia situației în care se afla: „Ca să mă pedepsească pentru disprețul meu față de autoritate, Soarta a făcut din mine însumi o autoritate."

Lemaître a fost distrus de cele întâmplate la Solvay și s-a hotărât să nu-și mai prezinte ideile. Credea în continuare în modelul universului în expansiune, dar nu avea nici o influență în rândurile comunității științifice și-și dădea seama că nu avea rost să susțină modelul big bang-ului, pe care toată lumea îl considera nebunesc. Între timp, lumea se concentra asupra universului static al lui Einstein — model perfect legitim, deși constanta cosmologică precis ajustată rămânea ceva artificial. Oricum, universul static era în acord cu credința precumpănitoare într-un univers etern, așa încât toate neajunsurile științifice au fost trecute cu vederea.

Privind retrospectiv, vedem că cele două modele aveau puncte tari și puncte slabe asemănătoare, fiind greu de preferat unul în detrimentul

altuia. La urma urmei, ambele erau matematic corecte şi ştiinţific valide: ambele rezultau din formula relativităţii generale şi nici unul nu contrazicea vreo lege cunoscută din fizică. Ambele teorii sufereau însă de totala lipsă a datelor observaţionale sau experimentale care să le susţină. Această absenţă a dovezilor a făcut ca mediul ştiinţific, victimă a prejudecăţilor, să încline balanţa în favoarea modelului etern static al lui Einstein şi în detrimentul modelului big bang al lui Friedemann şi Lemaître.

De fapt, cosmologii se simţeau încă derutaţi în acest teritoriu al nimănui dintre mit şi ştiinţă. Pentru a înainta, trebuiau găsite dovezi concrete. Teoreticienii s-au întors către astronomii care făceau observaţii, în speranţa că, scrutând tot mai adânc în spaţiu, ei ar putea alege unul dintre modele şi respinge pe celălalt. În cursul întregului secol XX, astronomii vor construi într-adevăr telescoape din ce în ce mai mari şi mai puternice, ajungând în cele din urmă la observaţia esenţială care va transforma perspectiva noastră asupra universului.

CAPITOLUL 2 - TEORII ALE UNIVERSULUI

REZUMAT

(1) PE LA 1610, CASSINI A DEMONSTRAT CĂ LUMINA AR PUTEA AVEA O VITEZĂ FINITĂ OBSERVÂND UNUL DIN SATELIȚII LUI JUPITER.

VITEZA LUMINII S-A DOVEDIT A FI DE 300 000 KM/S.

(2) SAVANȚII DIN EPOCA VICTORIANĂ CREDEAU CĂ UNIVERSUL E UMPLUT CU ETER:
UN MEDIU PRIN CARE SE PROPAGĂ LUMINA.
SE CREDEA CĂ VITEZA LUMINII ERA MĂSURATĂ ÎN RAPORT CU ETERUL.

PRIN URMARE, CUM PĂMÂNTUL SE MIȘCA PRIN SPAȚIU, EL TREBUIA SĂ SE MIȘTE ȘI PRIN ETER, DÂND NAȘTERE UNUI „VÂNT ETERIC".
ASTFEL, VITEZA LUMINII CARE SE PROPAGĂ ÎMPOTRIVA VÂNTULUI ETERIC TREBUIA SĂ DIFERE DE CEA A LUMINII CARE SE PROPAGĂ ÎN ACELAȘI SENS CU VÂNTUL ETERIC.

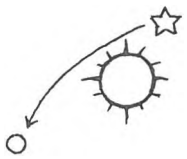
ÎN ANII 1880, MICHELSON ȘI MORLEY AU TESTAT ACEASTĂ CONCLUZIE ȘI AU GĂSIT CĂ VITEZELE NU DIFERĂ. ASTFEL, AU DEMONSTRAT CĂ NU EXISTĂ ETERUL.

(3) DACĂ LUMINA NU SE PROPAGĂ PRIN ETER, ATUNCI ALBERT EINSTEIN A ARĂTAT CĂ:
VITEZA LUMINII E CONSTANTĂ ÎN RAPORT CU OBSERVATORUL,
- CEEA CE INTRĂ ÎN CONTRADICȚIE CU CE ȘTIM DESPRE TOATE CELELALTE FORME DE MIȘCARE.

A AVUT DREPTATE.

CU ACESTĂ PRESUPUNERE (+ RELATIVITATEA GALILEANĂ) EINSTEIN A ELABORAT: TEORIA RELATIVITĂȚII SPECIALE (1905).
CONFORM EI, SPAȚIUL ȘI TIMPUL SUNT FLEXIBILE ȘI ALCĂTUIESC O ENTITATE UNICĂ, NUMITĂ SPAȚIU-TIMP.

1915 – EINSTEIN A ELABOREAT TEORIA GENERALĂ A RELATIVITĂȚII, O NOUĂ TEORIE A GRAVITAȚIEI, MAI BUNĂ DECÂT CEA A LUI NEWTON, FIINDCĂ E VALABILĂ ȘI ÎN REGIUNI CU GRAVITATE INTENSĂ (DE EX. ÎN APROPIEREA STELELOR).



④ TEORIA LUI EINSTEIN DESPRE GRAVITAȚIE ȘI CEA A LUI NEWTON AU FOST TESTATE STUDIINDU-SE ORBITA LUI MERCUR ȘI DEVIEREA LUMINII ÎN APROPIEREA SOARELUI (1919).
ÎN AMBELE CAZURI EINSTEIN A AVUT DREPTATE, IAR NEWTON S-A ÎNȘELAT.

⑤ CU NOUA SA TEORIE A GRAVITAȚIEI, EINSTEIN A STUDIAT UNIVERSUL CA ÎNTREG:

PROBLEMĂ - ATRACȚIA GRAVITAȚIONALĂ AR DUCE LA COLAPSUL UNIVERSULUI.

SOLUȚIE - EINSTEIN A ADĂUGAT CONSTANTA COSMOLOGICĂ LA RELATIVITATEA GENERALĂ.

ACEASTA PRODUCE UN EFECT ANTIGRAVITAȚIONAL, CARE AR OPRI PRĂBUȘIREA UNIVERSULUI, CEEA CE CORESPUNDE PERSPECTIVEI GENERALE ASUPRA UNUI UNIVERS STATIC ȘI ETERN.

⑥ ÎNTRE TIMP, FRIEDMANN ȘI LEMAÎTRE AU IGNORAT CONSTANTA COSMOLOGICĂ ȘI AU PROPUS UN UNIVERS CARE AR PUTEA FI DINAMIC.

EI AU DESCRIS UN UNIVERS ÎN EXPANSIUNE.
LEMAÎTRE A INTRODUS NOȚIUNEA DE ATOTPUTERNIC ATOM PRIMORDIAL COMPACT, CARE AR FI EXPLODAT, S-AR FI EXTINS ȘI AR FI EVOLUAT DEVENIND UNIVERSUL DE AZI.

NUMIM ACUM ACEST MODEL MODELUL BIG BANG AL UNIVERSULUI.

UNIVERS BIG BANG?
CONTRA
UNIVERS STATIC ȘI ETERN?

FRIEDMANN, LEMAÎTRE ȘI UNIVERSUL LOR ÎN EXPANSIUNE SUNT IGNORAȚI.
FĂRĂ DOVEZI OBSERVAȚIONALE ÎN SPRIJINUL LUI, MODELUL BIG BANG ERA SUFERIND.

MAJORITATEA SAVANȚILOR AU CONTINUAT SĂ CREADĂ ÎNTR-UN UNIVERS ETERN ȘI STATIC.

Capitolul 3

MAREA DISPUTĂ

Ceea ce cunoaștem e finit, ceea ce nu cunoaștem e infinit; intelectual vorbind, ne aflăm pe o insuliță în mijlocul oceanului fără margini al inexplicabilului. Misiunea fiecărei generații este să lărgească puțin uscatul.

T.H. HUXLEY

Cu cât știm mai puțin despre univers, cu atât e mai ușor să-l explicăm.

LEON BRUNSCHVICG

Erorile ce decurg din folosirea unor date inadecvate sunt mult mai mici decât cele la care ajungem când nu folosim nici un fel de date.

CHARLES BABBAGE

Teoriile devin praf și pulbere, dar observațiile bune nu pălesc niciodată.

HARLOW SHAPLEY

Obține întâi datele, iar apoi poți să le deformezi cum ai chef.

MARK TWAIN

Zadarnic ceru-n jur vi se-vârtește
și frumuseți ce-s veșnice v-arată;
*privirea voastră doar spre lut țintește**

DANTE

---

* *Divina Comedie*, traducere de Eta Boeriu, Editura Casa Școalelor, București, 1994. (*N. t.*)

Știința are două aspecte complementare: teoria și experimentul. În timp ce teoreticienii se întreabă cum funcționează lumea și construiesc modele ale realității, experimentatorii sunt cei care testează aceste modele comparându-le cu realitatea. În cosmologie, teoreticieni ca Einstein, Friedmann sau Lemaître au elaborat modele concurente ale universului, dar testarea lor era extrem de dificilă: cum să faci experimente cu întregul univers?

Când e vorba de efectuarea experimentelor, astronomia și cosmologia au un statut aparte față de celelalte ramuri ale științei. Biologii pot atinge, mirosi, împunge, zgândări, ba chiar gusta organismele pe care le studiază. Chimiștii pot fierbe, arde și amesteca substanțele în eprubete pentru a afla mai multe despre proprietățile lor. Și fizicienilor le e ușor să adauge o masă la pendul sau să-i modifice lungimea pentru a înțelege de ce oscilează așa cum oscilează. Astronomii însă nu pot decât sta neclintiți și privi, căci majoritatea corpurilor cerești sunt atât de îndepărtate încât pot fi cercetate doar detectând razele de lumină pe care le trimit spre Pământ. În loc să fie activi, efectuând o mulțime de experimente, astronomii pot doar observa pasiv universul. Cu alte cuvinte, astronomii pot privi, dar nu pot atinge.

În ciuda acestei grave limitări, astronomii au putut descoperi lucruri extraordinare despre univers și obiectele din el. De pildă, în 1967, astronomul britanic Jocelyn Bell a descoperit un nou tip de stea, cunoscut sub numele de stea pulsantă, sau *pulsar*. Când a reperat primul semnal luminos regulat, pe hârtia de înregistrare ea a notat „LGM" de la *Little Green Men* [omuleți verzi], fiindcă și-a închipuit că e un mesaj transmis de o formă inteligentă de viață. Astăzi, când ține conferințe despre pulsari, profesorul Jocelyn Bell Burnell (acesta e numele

ei după căsătorie) face să treacă din mână în mână printre ascultători o bucățică de hârtie împăturită pe care scrie: „Apucând această bucată de hârtie ați folosit de mii de ori mai multă energie decât au primit toate telescoapele din lume de la toți pulsarii cunoscuți." Cu alte cuvinte, pulsarii emit energie la fel ca orice stea, dar sunt atât de departe încât astronomii culeg de la ei doar o infimă cantitate de energie în cursul deceniilor de observații intense. Dar, deşi semnalele sunt atât de slabe, astronomii au putut deduce mai multe lucruri despre pulsari. De pildă, ei au reuşit să afle că pulsarii sunt stele ajunse la sfârşitul vieții lor, sunt alcătuiți din particule subatomice numite neutroni, au un diametru de aproximativ 10 km şi sunt atât de denşi încât o linguriță de materie de pulsar cântăreşte miliarde de tone.

Doar după ce se obține maximum de informație prin observații, astronomii încep să examineze modelele propuse de teoreticieni şi să testeze validitatea lor. Pentru a testa cele mai importante dintre toate modelele — modelul big bang şi cel al universului etern — astronomii au trebuit să ducă tehnica de observație la limitele ei. Trebuiau să construiască telescoape gigantice, dotate cu oglinzi uriaşe, adăpostite în observatoare de dimensiunile unui hangar şi aflate pe vârf de munte. Dar înainte să ajungem la descoperirile făcute cu marile telescoape din secolul XX, se cuvine să urmărim evoluția telescopului până la 1900 şi să vedem cum au contribuit instrumentele mai vechi la schimbarea perspectivei asupra universului.

Privind în spațiu

După Galilei, următorul pionier în proiectarea şi folosirea telescopului a fost Friedrich Wilhelm Herschel, născut la Hanovra în 1738. Şi-a început cariera ca muzician, urmându-l pe tatăl său în fanfara Gărzii din Hanovra, dar în 1757 s-a gândit să-şi schimbe meseria, după bătălia de la Hastenbeck, punctul culminant al Războiului de Şapte Ani. S-a aflat atunci sub o canonadă teribilă şi a hotărât să-şi părăsească slujba şi patria pentru o viață mai liniştită ca muzician în străinătate. A ales să se stabilească în Anglia, fiindcă Georg Ludwig de Hanovra urcase pe tronul Angliei în 1714 devenind George I şi instaurând astfel dinastia de Hanovra, iar Herschel se gândea că va fi primit cu simpatie. Şi-a anglicizat numele, spunându-şi acum

William Herschel, şi-a cumpărat o casă la Bath şi a dus o viaţă tihnită ca foarte preţuit oboist, compozitor, dirijor şi profesor de muzică. Cu trecerea anilor însă, interesul lui Herschel pentru astronomie a sporit continuu, de la o pasiune măruntă până la o obsesie mistuitoare. În cele din urmă a devenit un privitor la stele profesionist, iar colegii săi l-au recunoscut drept cel mai mare astronom din secolul al XVIII-lea.

Herschel a făcut cea mai celebră descoperire în 1781. Observaţia a fost făcută chiar din grădina lui şi folosind un telescop pe care el însuşi îl construise. A identificat atunci pe cer un nou obiect care s-a deplasat încet în cursul mai multor nopţi. A presupus că trebuia să fie o cometă încă nedescoperită, până când a devenit limpede că obiectul n-are coadă şi că era de fapt o nouă planetă — o completare istorică a sistemului solar. De mii de ani astronomii cunoşteau doar cinci alte planete (Mercur, Venus, Marte, Jupiter şi Saturn) vizibile cu ochiul liber, dar acum Herschel identificase o lume cu totul nouă. A botezat-o Georgium Sidus (Steaua lui George) în cinstea monarhului său, George al III-lea, hanovrez ca şi el, dar astronomii francezi au preferat s-o numească Herschel, după descoperitorul ei. În cele din urmă, planeta a fost numită Uranus, tatăl lui Saturn şi bunicul lui Jupiter în mitologia romană.

Lucrând în fundul grădinii sale, William Herschel a izbutit ceea ce nu izbutiseră bogatele observatoare ale curţilor din Europa. Sora lui, Caroline, care i-a fost asistentă, a jucat un rol crucial în succesele sale. Deşi ea însăşi astronom strălucit (a descoperit opt comete), şi-a dedicat viaţa observaţiilor lui William. A lucrat cot la cot cu el în perioadele grele când construia noile telescoape şi i-a fost alături în lungile şi răcoroasele nopţi de observaţii. „Profitam de fiecare clipă de răgaz, căci trebuia să-mi reiau imediat munca, fără să am măcar vreme să-mi schimb hainele, iar multe dantele se rupeau ori se murdăreau cu smoală topită. [...] Trebuia chiar să-l hrănesc cu linguriţa pentru a supravieţui", avea ea să noteze.

Smoala de care pomenea Caroline Herschel era folosită de fratele ei spre a confecţiona unelte pentru lustruirea oglinzilor. William se mândrea cu faptul că îşi construia el însuşi telescoapele. În această îndeletnicire era cu desăvârşire autodidact, dar a construit cele mai bune telescoape din lume la acea vreme. Unul din ele putea ajunge la o mărire de × 2 010, în timp ce cu telescopul cel mai bun al Astronomului Regal se obţinea doar × 270.

Figura 32 William Herschel, cel mai celebru astronom din secolul al XVIII-lea, îmbrăcat gros pentru o noapte de observare a stelelor.

Mărirea e importantă pentru orice telescop, dar mai importantă încă este capacitatea de a colecta lumina, iar ea depinde în întregime de *apertură*, diametrul oglinzii sau lentilei principale. Doar câteva mii de stele sunt suficient de strălucitoare pentru a fi vizibile cu ochiul liber, însă un telescop cu apertură mare deschide perspective cu totul noi. Cu un telescop mic, cum era cel folosit de Galilei, se pot vedea stelele aflate deasupra pragului vizibilității cu ochiul liber, dar luminozitatea lor aparentă nu depinde de puterea de mărire a ocularului. Un telescop cu apertură mai mare poate capta, focaliza și intensifica o cantitate mult mai mare de lumină stelară, așa încât stele mai palide, mai îndepărate, altminteri inobservabile, devin vizibile.

În 1789 Herschel a construit un telescop cu o oglindă având diametrul de 1,2 m, cea mai mare apertură a vreunui telescop din lume.

Din păcate, avea o lungime de 12 m, ceea ce-l făcea atât de greoi încât se pierdea timp prețios de observare până când telescopul era manevrat pentru a fi orientat în direcția dorită. Altă problemă era că oglinda trebuia întărită cu cupru pentru a rezista propriei sale greutăți, și astfel își pierdea rapid luciul, iar capacitatea lui de a colecta lumina, altminteri excelentă, scădea. Herschel a abandonat monstrul în 1815, folosind de atunci pentru majoritatea observațiilor sale un telescop mai modest, cu o apertură de 0,475 m și o lungime de 6 m, un compromis între sensibilitate și manevrabilitate.

Unul din planurile lui Herschel era să folosească telescoapele sale superioare pentru a măsura distanța până la sute de stele, pornind de la presupunerea destul de aproximativă și simplă că toate stelele emit aceeași cantitate de lumină și de la faptul că strălucirea scade cu pătratul distanței. De pildă, dacă o stea e de 3 ori mai departe decât o alta care are aceeași strălucire reală, atunci ea va apărea de 3^2 (adică 9) ori mai palidă. Reciproc, Herschel a presupus că o stea de 9 ori mai strălucitoare decât o alta se află la o distanță de 3 ori mai mică. Folosind ca referință Sirius, cea mai strălucitoare stea de pe firmament, și-a definit măsurătorile stelare ca multipli ai distanței până la Sirius, unitate numită de el *siriometru*. Astfel, o stea care e aparent de 49 (7^2) de ori mai puțin strălucitoare decât Sirius trebuie să se afle aproximativ de 7 ori mai departe decât Sirius, adică la o distanță de 7 siriometri. Deși își dădea seama că probabil stelele nu sunt la fel de strălucitoare și că prin urmare metoda lui e inexactă, Herschel nutrea speranța că alcătuiește o hartă tridimensională aproximativ corectă a cerului.

Era de așteptat ca stelele să fie distribuite uniform în toate direcțiile și la toate distanțele, însă din rezultatele lui Herschel reieșea clar că stelele se înghesuie într-un disc aproape plat, ceva în genul unei clătite întinse. Clătita uriașă avea un diametru de 1 000 de siriometri și o grosime de 100 de siriometri. În loc să ocupe o întindere infinită din spațiu, stelele universului lui Herschel erau conținute într-o regiune restrânsă. Ne putem închipui distribuția stelelor ca pe o clătită uriașă pe care am presărat stafide, fiecare stafidă reprezentând o stea.

Această perspectivă asupra universului era perfect compatibilă cu una dintre cele mai cunoscute trăsături ale firmamentului nocturn. Dacă vă închipuiți că suntem înglobați într-o clătită de stele, atunci am vedea o mulțime de stele în stânga, dreapta, înainte și înapoi, dar

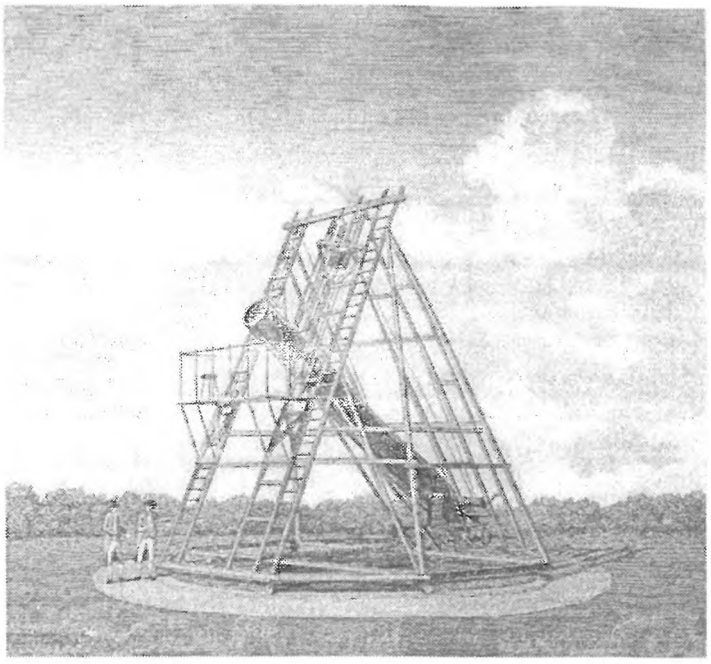


Figura 33 După desoperirea lui Uranus, Herschel s-a mutat la Slough, unde clima era mai blândă decât la Bath. Se afla de asemenea mai aproape de protectorul lui, regele George al III-lea, care îi acordase o rentă anuală de 200 de lire şi subvenţionase noul telescop cu diametrul de 1,2 m şi lungimea de 12 m.

mai puţine deasupra şi dedesubt, fiindcă clătita e subţire. Deci, din punctul în care privim cosmosul, ne-am aştepta să vedem o concentraţie de stele de jur împrejurul nostru — iar o asemenea fâşie brăzdează într-adevăr firmamentul şi poate fi observată când vă aflaţi departe de luminile marilor oraşe. Astronomii din Antichitate cunoşteau fenomenul, iar latinii au numit această fâşie „Via Lactea", Calea Lactee, datorită înfăţişării ei cețoase, lăptoase. Ceea ce însă anticii nu ştiau a fost dezvăluit de primele telescoape: fâşia lăptoasă era de fapt o concentraţie de stele individuale, prea îndepărate pentru ca ochiul liber să le poată discerne. Aceste stele se află în jurul nostru,

în planul formațiunii semănând cu o clătită. La puțin timp după ce „modelul clătită" al universului a fost acceptat, clătita de stele în care trăim a primit numele de Calea Lactee.

Deoarece se presupunea că ar conține toate stelele din univers, dimensiunea Căii Lactee reprezenta de fapt dimensiunea universului. Herschel estimase că diametrul și grosimea ei sunt de 1 000 de siriometri și respectiv 100 de siriometri, dar a murit în 1822 fără să știe câți kilometri avea un siriometru. Prin urmare, n-avea nici o idee asupra dimensiunilor Căii Lactee în termeni absoluți. Pentru a transforma siriometrii în kilometri, cineva trebuia să măsoare distanța până la Sirius. Un mare pas înainte în această direcție a fost făcut în 1838 de astronomul german Friedrich Wilhelm Bessel*, primul care a măsurat distanța până la o stea.

Problema distanțelor stelare a obsedat generații întregi de astronomi, iar eșecul lor era ca un ghimpe înfipt în modelul heliocentric copernican. Am văzut în capitolul 1 că, dacă Pământul se rotește în jurul Soarelui, poziția aparentă a stelelor ar trebui să se schimbe atunci când le privim din puncte diametral opuse de pe orbita din jurul Soarelui, adică la interval de șase luni, efect cunoscut sub numele de paralaxă. Amintiți-vă că, dacă țineți degetul ridicat și îl priviți cu un singur ochi, atunci când vă schimbați perspectiva închizând ochiul și deschizându-l pe celălalt degetul apare în altă poziție în raport cu fundalul. Ca regulă generală, dacă punctul de observare se modifică, și poziția obiectului observat pare să se modifice. Stelele însă păreau fixe, fapt folosit de partizanii universului geocentric ca argument în sprijinul unui Pământ fix. Partizanii universului heliocentric răspundeau afirmând că efectul paralaxei stelare scade cu distanța, așa încât neputința de a discerne vreo modificare în poziția stelelor însemna pur și simplu că stelele se află la distanțe colosale.

Eforturile lui Bessel de a transforma sintagma vagă „distanțe colosale" în cifre exacte au început în 1810, când regele Prusiei Friedrich Wilhelm al III-lea l-a invitat să construiască un nou observator la Königsberg. Acolo trebuiau să se afle cele mai fine instrumente

---

* Deși n-a urmat studii universitare, Bessel (1784–1846) a fost deopotrivă un reputat astronom și matematician, la fel ca marele său contemporan Gauss. Între alte contribuții în matematică, a studiat exhaustiv acele funcții descoperite de Daniel Bernoulli și care azi poartă numele de funcții Bessel. (*N. t.*)

astronomice din Europa, în parte și pentru că primul ministru britanic William Pitt distrusese industria sticlăriei din propria lui țară prin împovărătoarea „taxă pe fereastră"*, ceea ce a permis germanilor să devină principalii producători de telescoape din Europa. Lentilele germane erau fin prelucrate, iar noile oculare cu trei lentile reduceau *aberația cromatică*, un neajuns în focalizare datorat faptului că lumina albă e o combinație de culori, fiecare dintre ele fiind refractată diferit de sticlă.

După 28 de ani petrecuți la Königsberg, timp în care și-a prelucrat și îmbunătățit observațiile, Bessel a ajuns în cele din urmă la descoperirea sa crucială. Luând în calcul fiecare eroare posibilă și efectuând observații minuțioase la intervale de șase luni, a putut afirma că o stea numită 61 Cygni își modifica poziția pe o distanță aflată sub un unghi de 0.6272 secunde de arc, aproximativ 0,0001742°. Paralaxa detectată de Bessel era infimă — echivalentă cu ce s-ar întâmpla dacă v-ați privi ba cu un ochi, ba cu altul degetul aflat la o distanță de... 30 km, presupunând că ați avea un braț atât de lung!

Figura 34 prezintă principiul de bază al măsurătorilor lui Bessel. Când a observat 61 Cygni de pe Pământ în poziția A, el a făcut-o sub o anumită linie vizuală. Șase luni mai târziu, când a observat-o în poziția B, linia vizuală se deplasase ușor. Folosind trigonometria în triunghiul dreptunghic format de Soare, 61 Cygni și Pământ, a estimat distanța până la stea, cunoscând distanța Pământ–Soare și unghiul din vârful triunghiului. Măsurătorile lui Bessel au arătat că distanța până la 61 Cygni era de 10^{14} km (100 de bilioane de km). Astăzi știm că se înșelase cu aproximativ 10%, deoarece, conform estimărilor moderne, distanța până la 61 Cygni este de $1{,}08 \times 10^{14}$ km, sau de 720 000 de ori mai mare decât distanța până la Soare. Așa cum se arată în legenda figurii 34, aceasta e echivalentul a 11,4 ani-lumină.

---

* Taxa pe fereastră (*window tax*) era proporțională cu numărul de ferestre ale casei. Era considerată echitabilă fiindcă se presupunea că oamenii mai bogați au case cu mai multe ferestre. A fost privită ca o „jefuire a luminii zilei" și a avut consecințe importante nu numai asupra industriei sticlăriei, ci și asupra arhitecturii britanice. Taxa pe fereastră fusese introdusă încă din 1696, dar în 1787 William Pitt a mărit-o. (*N. t.*)

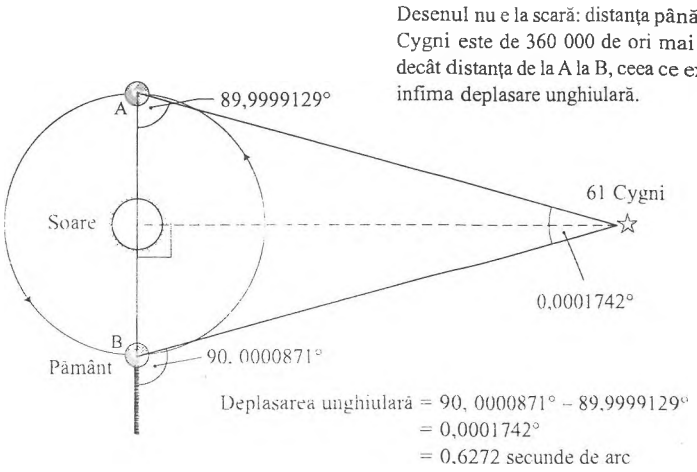

Desenul nu e la scară: distanța până la 61 Cygni este de 360 000 de ori mai mare decât distanța de la A la B, ceea ce explică infima deplasare unghiulară.
A
89,9999129°
61 Cygni
Soare
0,0001742°
B
Pământ
90, 0000871°
Deplasarea unghiulară = 90, 0000871° – 89,9999129°
= 0,0001742°
= 0.6272 secunde de arc

Figura 34 În 1838, Friedrich Bessel a efectuat prima măsurătoare a paralaxei stelare. Când Pământul se rotește în jurul Soarelui și se deplasează din punctul A în punctul B, o stea apropiată (de ex. 61 Cygni) apare în poziții ușor diferite. Distanța până la stea poate fi măsurată simplu, folosind trigonometria. Unghiul foarte ascuțit din triunghiul dreptunghic este egal cu (0.0001742° ÷ 2), adică 0,0000871°, iar latura mică a triunghiului este distanța Pământ–Soare.

Prin urmare, Bessel a estimat distanța până la 61 Cygni ca fiind de aproximativ 100 000 000 000 000 km, iar astăzi știm că ea este de 108 000 000 000 000 km.

Kilometrul e o unitate de măsură prea mică pentru distanțele stelare, așa încât astronomii preferă să folosească *anul-lumină*, definit ca distanța parcursă de lumină într-un an. Un an are 31 557 600 secunde, iar lumina se deplasează cu 299 792 km/s, ceea ce înseamnă că

1 an-lumină = 31 557 600 s × 299 792 km/s
= 9 460 000 000 000 km

Prin urmare, 61 Cygni este la 11,4 ani-lumină de Pământ. Anul-lumină ne aduce aminte că telescoapele acționează ca un fel de mașini ale timpului. Deoarece lumina străbate orice distanță într-un timp finit, noi vedem corpurile cerești doar așa cum erau în trecut. Razelor Soarelui le trebuie 8 minute ca să ajungă la noi, deci vedem mereu Soarele așa cum arăta cu 8 minute în urmă. Dacă Soarele ar exploda brusc, am afla abia peste 8 minute. Mai îndepărtata stea 61 Cygni se află la o distanță de 11,4 ani-lumină, deci o vedem mereu așa cum arăta cu 11,4 ani în urmă. Cu cât telescoapele ne permit să vedem mai departe în univers, cu atât privim în trecutul mai îndepărtat.

Partizanii lui Copernic avuseseră dreptate. Stelele se deplasau, iar „salturile" lor nu fuseseră observate până atunci fiindcă stelele se află la distanțe colosale. Chiar dacă astronomii știau că stelele sunt foarte îndepărate, au fost șocați de imensa distanță până la 61 Cygni, mai ales ținând cont de faptul că era una din stelele cele mai apropiate de Pământ. Pentru a înțelege mai bine cum stau lucrurile, să ne imaginăm că întreg sistemul nostru solar de la Soare la orbita lui Pluton ar încăpea într-o casă. Atunci, stelele vecine s-ar afla la zeci de kilometri distanță. Prin urmare, Calea Lactee se dovedea a fi extrem de slab populată.

Contemporanii lui Bessel au primit cu entuziasm măsurătoarea sa. Fizicianul și astronomul german Wilhelm Olbers* a spus că ea „așază pentru prima dată ideile noastre despre univers pe o bază solidă". La rândul său, John Herschel, fiul lui William Herschel, el însuși astronom de renume, considera rezultatul „cel mai mare și mai glorios triumf la care astronomia asistase vreodată".

Acum, nu numai că astronomii cunoșteau distanța până la 61 Cygni, dar puteau estima și dimensiunea Căii Lactee. Comparând strălucirea lui 61 Cygni cu cea a lui Sirius, siriometrul lui William Herschel putea fi convertit în ani-lumină, iar astfel astronomii au estimat diametrul Căii Lactee la 10 000 de ani-lumină, iar grosimea ei la 1 000 de ani-lumină. De fapt, ei subestimaseră dimensiunile Căii Lactee cu un factor de zece. Acum știm că diametrul ei este de 100 000 de ani-lumină, iar grosimea de 10 000 de ani-lumină.

Eratostene fusese uluit când a măsurat distanța până la Soare, la fel și Bessel de distanța până la stelele cel mai apropiate, dar dimensiunea Căii Lactee era într-adevăr copleșitoare. Astronomii însă își dădeau seama că până și imensitatea Căii Lactee era insignifiantă în comparație cu presupusa infinitate a universului. Nu e de mirare că unii savanți au început să se întrebe ce se întâmplă în spațiul de dincolo de Calea Lactee. Era complet gol sau era populat cu alte corpuri?

Atenția a fost atunci atrasă de *nebuloase*, pete stranii de lumină pe cerul nopții, care arătau foarte diferit de punctele precis definite,

---

* Heinrich Wilhelm Matthäus Olbers (1758–1840) a inventat pe când avea doar 20 de ani o metodă de calcul pentru orbitele cometelor, metodă folosită și în zilele noastre. A descoperit cinci comete și doi asteroizi (numiți la acea vreme „planete minore"), lansând ipoteza conform căreia centura de asteroizi dintre Marte și Jupiter ar reprezenta rămășițele unei planete distruse. (*N. t.*)

ca niște împunsături în firmament, ale luminii provenind de la stele. Unii astronomi au sugerat că aceste obiecte misterioase erau răspândite pretutindeni în univers. Cei mai mulți însă credeau că era vorba de entități din cadrul Căii Lactee. La urma urmei, William Herschel arătase că totul se află în interiorul Căii Lactee, în formă de clătită.

Studiul nebuloaselor datează încă de pe vremea astronomilor antici, care observaseră cu ochiul liber câteva nebuloase, dar inventarea telescopului a dezvăluit că numărul lor e surprinzător de mare. Primul care a alcătuit un catalog detaliat al nebuloaselor a fost astronomul francez Charles Messier. El își câștigase deja faima descoperind comete, motiv pentru care regele Ludovic al XV-lea îl poreclise „vânătorul de comete", dar Messier era mereu nemulțumit fiindcă, la prima vedere, cometele puteau fi confundate cu nebuloasele, ambele tipuri de obiecte apărând pe cer ca niște pete minuscule. Cometele străbăteau firmamentul, așa încât în cele din urmă își vădeau natura, dar Messier a vrut să alcătuiască un catalog al nebuloaselor pentru a nu mai pierde vremea privind din greșeală un obiect static și așteptând în zadar să se deplaseze. În 1764 a început lucrul, iar în 1781 a publicat un catalog conținând 103 nebuloase. Și în ziua de azi ele sunt desemnate prin *numerele Messier*; de pildă, Nebuloasa Crabului este M1, iar Nebuloasa Andromeda este M31. Schița pe care Messier a făcut-o Nebuloasei Andromeda e prezentată în figura 35.

După ce William Herschel a primit un exemplar al catalogului lui Messier, și-a concentrat atenția asupra nebuloaselor, folosind uriașul său telescop pentru o cercetare exhaustivă a firmamentului. Herschel a mers mult mai departe decât Messier, înregistrând 2 500 de nebuloase. În cursul observațiilor, a început să emită ipoteze asupra naturii lor. Din moment ce arătau ca niște nori (*nebula* înseamnă nor în latină), și-a închipuit că erau nori uriași de gaz și praf. Mai mult, Herschel a putut discerne o stea în interiorul unuia dintre acești nori, așa încât a sugerat că nebuloasele erau stele tinere înconjurate de fragmente de materie, iar aceste fragmente erau probabil într-un proces de contopire pentru a forma planete. Una peste alta, Herschel presupunea că nebuloasele erau stele într-o fază timpurie a vieții lor și că, la fel ca toate celelalte stele, se aflau în interiorul Căii Lactee.

Dacă Herschel credea că singura aglomerare de stele din univers este Calea Lactee, filozoful german Immanuel Kant era de altă

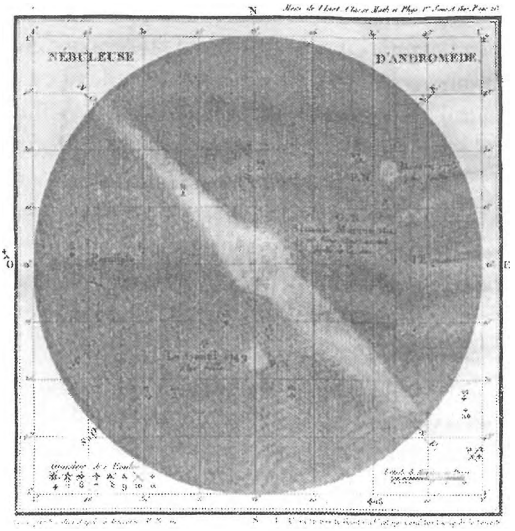


Figura 35 După două decenii de observații, Charles Messier a publicat în 1781 un catalog cu 103 nebuloase. Schița detaliată a Nebuloasei Andromeda, a treizeci și una din catalog, ilustrează diferența dintre o nebuloasă, care are o structură extinsă, și o stea, care apare ca un punct luminos.

părere.* El susținea că cel puțin unele dintre nebuloase erau grupări independente de stele, asemănătoare ca dimensiuni Căii Lactee, dar la mare distanță de granițele ei. După Kant, nebuloasele arată ca niște nori din pricina faptului că sunt alcătuite din milioane de stele și se află atât de departe încât stelele se contopesc într-o pată de lumină. În sprijinul afirmației sale, el făcea observația că majoritatea nebuloaselor ne apar sub formă de elipsă, adică exact așa cum ne-am aștepta dacă ar avea aceeași structură de clătită cum are Calea Lactee. Deși

* În afară de contribuția lui Kant la problema nebuloaselor, prezentată în *Istoria naturală universală și teoria cerului* (1755), în aceeași lucrare filozoful german elaborează și o primă teorie articulată cu privire la nașterea sistemului solar (și, într-un anume sens, o primă teorie cosmologică): totul a început cu un nor de particule care, datorită atracției gravitaționale, s-a condensat alcătuind Soarele și planetele. O idee similară a avut în 1796 Laplace, iar acest model avea să fie numit teoria Kant–Laplace. (*N. t.*)

Calea Lactee ne apare ca un disc circular când o privim de deasupra şi ca o linie subţire când o privim dintr-o parte, privită sub un unghi intermediar ea ar avea o formă de elipsă. Kant a numit nebuloasele „lumi insulare", deoarece el îşi închipuia universul ca pe un ocean al spaţiului populat cu insule separate de stele. Calea noastră Lactee nu era decât una dintre aceste insule de stele. Astăzi numim asemenea sisteme izolate de stele *galaxii*.

Deşi Kant ajunsese la ideea că nebuloasele sunt galaxii aflate dincolo de Calea Lactee pe baza observaţiilor, exista şi un argument teologic în sprijinul afirmaţiei sale. El credea că Dumnezeu era atotputernic, aşa încât universul ar trebui să fie deopotrivă etern şi infinit de bogat în conţinut. Lui Kant i se părea absurdă ideea de a limita creaţia lui Dumnezeu la Calea Lactee, care era finită:

> Nu ne apropiem mai mult de infinitatea puterii creatoare a lui Dumnezeu dacă limităm spaţiul în care ea se dezvăluie la o sferă având raza Căii Lactee, decât dacă am mărgini-o la o bilă cu diamentrul de un centimetru. Tot ce e finit, tot ce are limite şi se află într-o relaţie precisă cu unitatea este la fel de îndepărat de infinit. [...] Din acest motiv domeniul revelării atributelor divine trebuie să fie infinit, aşa cum sunt înseşi aceste atribute. Eternitatea nu ajunge pentru a îmbrăţişa manifestările Fiinţei Supreme, dacă nu e însoţită de infinitatea spaţiului.

Taberele se aflau acum faţă în faţă. Partizanii lui Herschel susţineau că nebuloasele erau stele tinere înconjurate de nori alcătuiţi din resturi de materie şi se aflau în interiorul Căii Lactee, în vreme ce partizanii lui Kant susţineau că ele erau galaxii, sisteme stelare independente situate la mare distanţă de Calea Lactee. Pentru a tranşa disputa, era nevoie de observaţii mai bune, iar ele au apărut pe la mijlocul secolului al XIX-lea graţie lui William Parsons, al treilea conte de Rosse.

Însurat cu o femeie bogată şi moştenind Castelul Birr de pe o mare moşie din Irlanda, Lord Rosse era destul de avut pentru a-şi permite să ducă o viaţă de gentleman-savant. Era hotărât să construiască cel mai mare şi mai bun telescop din lume şi nu se temea că-şi va murdări mâinile. Un reporter de la *Bristol Times* scria:

> L-am văzut pe conte, constructorul telescopului în persoană, nu purtând coroana şi mantia de hermină, ci cu mânecile suflecate şi

cu brațele arse de soare. Tocmai părăsise menghina la care lucrase și, plin de pilitură de fier, își spăla mâinile și fața într-un lighean așezat pe-o nicovală, în vreme ce doi fierari izbeau cu baroasele într-un drug înroșit, iar scânteile săreau pe nepăsătorul conte ce părea un fel de Rege al Focului.

Turnarea oglinzii pentru uriașul telescop era în sine o ispravă inginerească formidabilă. Ea necesita 80 de metri cubi de turbă pentru a topi ingredientele unei oglinzi cântărind trei tone și având un diametru de 1,8 metri. Thomas Romney Robinson, directorul Observatorului din Armagh, a asistat la turnare:

Cei care au avut norocul să fie de față nu vor uita niciodată frumusețea sublimă a celor văzute. Deasupra, cerul, încununat cu stele și luminat de cea mai strălucitoare Lună, părea să fie de bun augur. Jos, din furnale, țâșneau uriașe coloane de flăcări galbene, iar creuzetele încinse erau fântâni de lumină roșie.

În 1845, după ce a muncit vreme de trei ani și a cheltuit echivalentul unui milion de lire din averea sa, Lordul Rosse și-a văzut în fine gata uriașul telescop lung de 16,5 metri, prezentat în figura 36, și a început să facă observații. Momentul a coincis cu marea foamete declanșată în Irlanda*, tragedie pe care Rosse încercase s-o evite sfătuindu-i pe oameni să adopte noi tehnici agricole pentru a reduce riscul compromiterii recoltei de cartofi din cauza manei. S-a oprit imediat din observarea cerului și a cheltuit timp și bani venind în ajutorul localnicilor. A refuzat de asemenea să primească bani din partea celor cărora le arendase pământul și și-a cucerit reputația de cel mai cinstit politician din câți au reprezentat populația rurală în această perioadă neagră din istoria Irlandei.

Când, după câțiva ani, Lordul Rosse s-a întors la stelele sale, el și-a efectuat observațiile în condiții dificile, cocoțat pe schelăria care înconjura formidabilul său telescop. Trebuia să-și mențină echilibrul, în timp ce cinci oameni acționau de pârghii, roți și scripeți pentru a ridica telescopul la înălțimea necesară. Lordul Rosse și echipa lui s-au

* Marea foamete (cunoscută sub numele de *Irish Potato Famine*) a lovit Irlanda între 1845 și 1849, provocând peste un milion de victime (12% din populația insulei). Se estimează că, în urma foametei, două milioane de irlandezi au emigrat în Marea Britanie, Statele Unite, Canada și Australia. (*N. t.*)

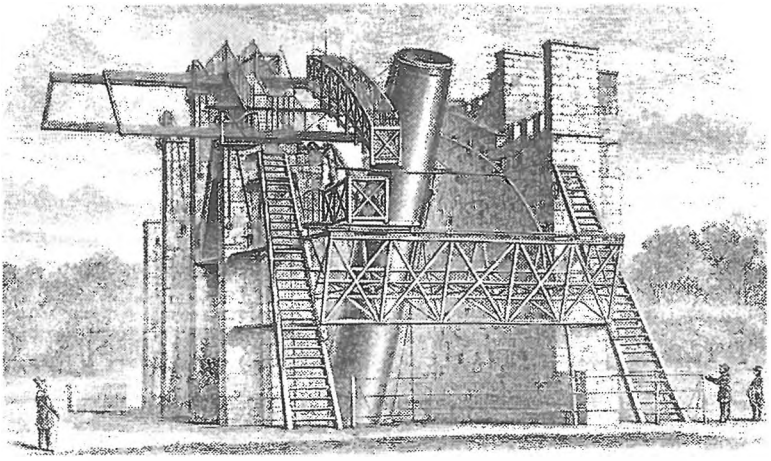


Figura 36 „Leviathanul din Parsonstown" al Lordului Rosse, având apertura de 1,8 metri, era, la data construcției, cel mai mare telescop din lume. Parsonstown e vechiul nume al localității Birr, unde se afla telescopul.

luptat cu monstrul noapte de noapte, motiv pentru care telescopul a fost poreclit Leviathanul din Parsonstown.

Eforturile lui Rosse au fost răsplătite cu priveliștea spectaculoasă a cerului nocturn. Johnstone Stoney, asistentul lui Rosse, a evaluat calitatea telescopului îndreptându-l spre stele foarte palide: „Asemenea stele, privite cu marele telescop, apar strălucitoare. De obicei, le vedem ca pe niște mici pete luminoase fierbând violent din pricina perturbațiilor atmosferice. [...] testul se apropia într-adevăr mult de perfecțiunea teoretică."

Singura problemă era că Leviathanul se afla în inima Irlandei, unde nu prea ai norocul să vezi un cer senin, lipsit de nori. Lăsând la o parte „ceturile ținuturilor mlăștinoase", existau aici două categorii de condiții meteorologice: „chiar înaintea ploii" și „în timpul ploii". Răbdătorul lord i-a scris odată soției sale: „Vremea continuă să ne joace feste, dar nu e de tot rea."

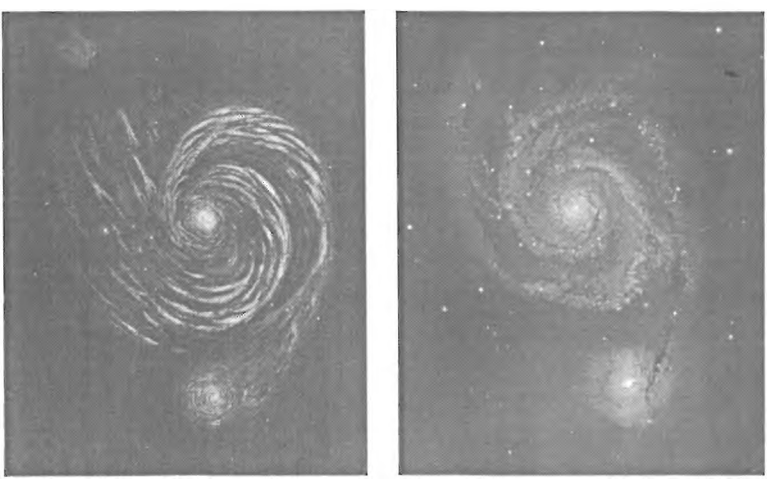
Cum-necum, printre nori, Rosse a izbutit să efectueze observații extraordinar de precise asupra nebuloaselor. În loc să-i apară ca pete informe, nebuloasele și-au dezvăluit o structură internă distinctă. Prima

nebuloasă căzută sub privirea Leviathanului a fost M51 din lista lui Messier, pe care Rosse a desenat-o uimitor de amănunțit, după cum se vede în figura 37. El a sesizat cu ușurință că M51 avea o structură spirală. În particular, a observat un mini-turbion la capătul unuia din brațele ei spirale, motiv pentru care M51 e uneori numită „Nebuloasa semn de întrebare a Lordului Rosse". Desenul lui Rosse a făcut înconjurul Europei și s-a spus chiar că l-ar fi inspirat pe Vincent Van Gogh când a pictat *Noaptea înstelată*, unde apare o nebuloasă în formă de spirală însoțită de un turbion.

Asemănarea ei cu un vârtej i-a adus lui M51 cealaltă poreclă, „Nebuloasa Vârtej". Aceasta l-a condus pe Rosse și la concluzia evidentă: „Este extrem de improbabilă existența unui asemenea sistem fără ca el să posede o mișcare internă." În plus, el credea că masa aflată în mișcare turbionară nu era doar un simplu nor gazos: „Cu fiecare sporire succesivă a puterii optice, observăm că structura devine tot mai complicată. [...] Nebuloasa însăși e înțesată de stele."

Devenise limpede că măcar unele dintre nebuloase erau grupuri de stele, dar asta nu demonstra neapărat teoria lui Kant, după care

Figura 37 Desenul „Nebuloasei Vârtej" (M51) făcut de Lordul Rosse, alături de o imagine modernă, obținută la Observatorul La Palma. Comparația demonstrează puterea telescopului lui Rosse și finețea observației sale.



nebuloasele erau galaxii echivalente cu propria noastră Cale Lactee şi independente de ea. Asemenea nebuloase trebuiau să fie imense, distincte şi îndepărtate, şi poate că M51 era o constelaţie relativ mică, în interiorul sau la marginea Căii Lactee. Problema crucială era distanţa. Dacă s-ar fi putut măsura distanţele până la nebuloase, ar fi fost lesne să se stabilească fie că se află în Calea Lactee sau în apropierea ei, fie că se află la mare distanţă de Calea Lactee. Numai că paralaxa, cea mai bună tehnică de măsurare a distanţei, nu putea fi aplicată nebuloaselor. La urma urmei, abia era cu putinţă să se măsoare deplasarea unghiulară a stelelor apropiate, aşa încât identificarea vreunei deplasări unghiulare asociate cu o nebuloasă având un contur ceţos, undeva la marginea Căii Lactee — sau poate mult mai îndepărtată — era cu desăvârşire imposibilă. Statutul nebuloaselor rămânea învăluit în mister.

Cu trecerea anilor, astronomii investeau tot mai mulţi bani în construcţia unor telescoape tot mai puternice, situate la mare altitudine, în zone unde (spre deosebire de Irlanda) cerul e senin. Deşi aveau destule alte probleme de rezolvat, astronomii erau nerăbdători să descopere identitatea reală a nebuloaselor. Dacă măsurarea distanţei ieşea din discuţie, atunci trebuiau găsite alte dovezi-cheie privind natura lor.

Următorul mare maestru în construcţia telescoapelor a fost excentricul milionar George Ellery Hale, care s-a dovedit încă mai pătimaş decât Lordul Rosse. Hale s-a născut în 1868 la Chicago, pe Strada North LaSalle, la numărul 236, iar în 1870 familia lui s-a mutat în suburbia Hyde Park, la timp pentru a scăpa de incendiul izbucnit la Chicago din 1871, incendiu care a distrus 18 000 de clădiri, între care şi căminul ei. Oraşul a devenit un loc viran, tocmai bun pentru arhitecţi, iar clădirea cu nouă etaje a Asigurărilor Imobiliare a fost primul zgârie-nori din lume, deschizând o nouă cale pentru edilii din Chicago şi din alte oraşe americane. William, tatăl lui Hale, fusese un comisvoiajor trăind de pe o zi pe alta, dar a avut prezenţa de spirit să ceară un împrumut pentru a pune pe picioare o companie care să producă ascensoarele de care aveau nevoie zgârie-norii din Chicago. În cele din urmă a construit chiar şi ascensorul Turnului Eiffel.

Averea familiei a sporit, ceea ce i-a permis tânărului George să dea curs pasiunii sale pentru microscoape şi telescoape. Părinţii n-aveau cum să ştie că preocuparea din copilărie se va transforma la maturitate într-o adevărată obsesie. De fapt, Hale s-a pregătit pentru a deveni

un constructor de telescoape de clasă mondială. Primul lui proiect important a început când a adunat câteva lentile rămase în urma planului abandonat al unor astronomi de a construi un telescop pe Coasta de Vest. Ambiția lui Hale era să încorporeze aceste lentile într-un telescop prin refracție* cu diametrul de 40 de țoli (1 metru) și voia de asemenea să construiască un întreg complex de observație în jurul telescopului său.

Hale a căutat să obțină fonduri pentru telescop și observator de la Charles Tyson Yerkes, un magnat al transporturilor care și-a câștigat averea construind rețeaua de metrou aerian din Chicago, aflată în funcțiune și în zilele noastre. Yerkes fusese de asemenea condamnat pentru escrocherie, așa încât Hale a încercat să-l convingă că subvenționarea unui observator astronomic l-ar ajuta să fie acceptat de înalta societate din Chicago. Hale a exploatat și orgoliul lui Yerkes, spunându-i că bogatul latifundiar James Lick finanțase Observatorul Lick din California. El s-a folosit de sloganul „Învinge-l pe Lick"**, fiindcă noul său telescop ar fi făcut să pară meschine toate rezultatele obținute la Observatorul Lick.

Copleșit de insistența lui Hale, Yerkes a pus la bătaie o jumătate de milion de dolari, iar Observatorul Yerkes s-a născut în cadrul Universității din Chicago. După ceremonia de inaugurare, pentru a sublinia noul statut al escrocului, un ziar titra: YERKES PĂTRUNDE ÎN SOCIETATE. Din păcate pentru Yerkes, titlul s-a dovedit exagerat de optimist. Elita din Chicago a refuzat în continuare să-l accepte, așa încât s-a mutat la Londra, unde a jucat un rol important în dezvoltarea rețelei de metrou subteran, în special a liniei Piccadilly.

Observatorul Yerkes se afla la 120 km nord de Chicago, în apropierea localității Williams Bay. Orășelul folosea încă iluminatul cu gaz, așa încât astronomii știau că slabele lumini ale firmamentului nu aveau să fie poluate de strălucirea lămpilor electrice. Până și stațiunea Lake Geneva, cea mai apropiată așezare iluminată electric, se afla la o distanță de 10 km, suficientă pentru a nu perturba observațiile. Telescopul, având o lungime de 20 de metri și cântărind 6 tone, a fost gata în 1897. Era acționat de un mecanism de 20 de tone, special

---

* Imagini mărite ale obiectelor se pot obține fie cu ajutorul oglinzilor (prin reflecție), fie cu ajutorul lentilelor (prin refracție). (*N. t.*)

** În originial, joc de cuvinte: „Lick the Lick". (*N. t.*)

proiectat pentru a îndrepta telescopul în direcția dorită și a-l sincroniza constant cu rotația Pământului. Astfel, steaua sau nebuloasa cercetată rămâneau în câmpul vizual al instrumentului. A fost (și a rămas și în ziua de azi) cel mai mare telescop de acest tip din lume.

Dar Hale tot nu era mulțumit. Un deceniu mai târziu a adunat fonduri de la Institutul Carnegie și a împins și mai departe limitele tehnicilor de observație construind un telescop de 60 de țoli (1,5 m) la Mount Wilson, în California, lângă Pasadena. De data asta, în loc de lentilă s-a folosit de o oglindă, fiindcă o lentilă de 1,5 m s-ar fi prăbușit sub propria ei greutate. Vorbea despre ambiția sa de a construi telescoape mai mari, mai lungi și mai sensibile ca despre un simptom al „americanitei" — dorința permanentă de a fi cel mai bun. Din nefericire, aspirația obsesivă a lui Hale spre perfecțiune și responsabilitatea ducerii la bun sfârșit a unor proiecte importante au devenit autodistructive. În urma stresului copleșitor, i-au cedat nervii și a petrecut câteva luni într-un sanatoriu din Maine.

Starea sa psihică s-a înrăutățit după ce a inițiat cel de-al treilea proiect, un telescop de 100 de țoli (2,5 m) la Mount Wilson. Pentru oglinda sa, Hale a comandat din Franța un disc de sticlă cu greutatea de 5 tone, considerat de ziariști cea mai prețioasă marfă care a traversat vreodată Atlanticul. La sosire însă, echipa lui Hale și-a pus probleme în legătură cu rezistența și calitatea sticlei, care s-a dovedit a conține mici bule de aer. Evelina Hale a fost martoră la suferințele pe care soțul ei le-a îndurat din pricina acestui ultim proiect și a ajuns să urască lentila uriașă care îl obseda: „Aș vrea ca sticla aia să ajungă pe fundul mării."

Proiectul părea condamnat să eșueze, iar în cursul unor perioade de mare presiune psihică Hale ajunsese să aibă halucinații: era vizitat de un pitic verde, care a devenit curând singura persoană căreia putea să-i vorbească despre planurile sale privind telescopul. De regulă, piticul îl asculta plin de înțelegere, dar uneori își bătea joc de el. Hale s-a plâns unui prieten: „Nu știu cum să scap de forma asta nouă de tortură care nu mai încetează."

Finanțat de John Hooker, un magnat al siderurgiei din Los Angeles, telescopul Hooker de 100 de țoli a fost în cele din urmă gata în 1917. În noaptea de 1 noiembrie, Hale a avut cinstea să fie primul om care să privească prin ocularul său — și a fost șocat să vadă șase planete fantomă suprapunându-se peste Jupiter. S-a crezut la început că era vorba de un defect optic pus pe seama bulelor din sticlă, dar minți

Figura 38 Andrew Carnegie şi George Ellery Hale în 1910, la Mount Wilson, în faţa clădirii care adăpostea telescopul de 60 de ţoli. Milionarul Carnegie (stânga) stă pe ridicătura pantei pentru a părea mai înalt — strategie folosită de el deseori atunci când era fotografiat împreună cu alţii.

mai lucide au găsit un alt răspuns. Muncitorii lăsaseră deschis acoperişul în cursul zilei în care încheiaseră lucrul la instalaţie, iar lumina soarelui încălzise oglinda, ceea ce ar fi putut provoca distorsionarea ei. Astronomii au aşteptat până la trei noaptea, cu speranţa că, scăzând temperatura, problema s-ar rezolva. Când, în răcoarea nopţii, Hale a mai privit o dată, cerul a apărut mai limpede decât fusese în orice altă observaţie din istorie. Telescopul Hooker putea dezvălui nebuloase pe care nici un alt telescop nu le surprinsese; era atât de sensibil încât ar fi putut detecta o lumânare de la 15 000 km.

Hale tot nu era mulţumit. Împins înainte de principiul său călăuzitor „Mai multă lumină!", a început să lucreze la un telescop de 200 de ţoli (5 m). Obsesia lui a devenit maladivă şi avea să fie mai târziu imortalizată în serialul de televiziune *Dosarele X*. Mulder îi explică lui Scully că piticul l-a sfătuit pe Hale cum să adune fondurile: „De fapt, ideea i-a fost prezentată lui Hale într-o noapte când juca biliard.

Un pitic a intrat pe fereastră şi i-a spus să obţină bani pentru telescop de la Fundaţia Rockefeller." Scully vrea să-l liniştească pe Mulder — nu e singurul care a văzut pitici verzi, dar Mulder îi răspunde: „În cazul meu, omuleţi verzi."

Din nefericire, Hale n-a apucat să-şi vadă telescopul de 200 de ţoli. A putut totuşi constata impactul telescoapelor de 40, 60 şi 100 de ţoli care au dezvăluit tot mai multe nebuloase. Poziţia exactă a acestor obiecte rămânea însă un mister. Făceau parte din galaxia noastră, Calea Lactee, sau erau galaxii îndepărtate, de sine stătătoare?

Criza a ajuns la apogeu în aprilie 1920, când Academia Naţională de Ştiinţe din Washington a plănuit să găzduiască ceea ce va fi cunoscut sub numele de Marea Dispută. Academia a hotărât să reunească cele două tabere care aveau păreri opuse despre natura nebuloaselor, pentru a discuta problema în faţa celor mai mari savanţi ai timpului. Opinia potrivit căreia Calea Lactee conţine întregul univers, inclusiv nebuloasele, era susţinută cu hotărâre de astronomii de la Observatorul Mount Wilson, iar ei l-au trimis pe Harlow Shapley, un tânăr astronom ambiţios, pentru a le apăra punctul de vedere. Opinia opusă, conform căreia nebuloasele sunt galaxii de sine stătătoare, era împărtăşită de cei de la Observatorul Lick, care l-au trimis pe Heber Curtis să-i reprezinte.

Întâmplarea a făcut ca cei doi astronomi rivali să meargă cu acelaşi tren din California la Washington. A fost o călătorie ciudată şi neplăcută — doi astronomi având opinii contrare, prizonieri preţ de 4 000 de kilometri într-un vagon, fiecare făcând tot posibilul pentru a nu se angaja prematur în disputa prevăzută a avea loc mai târziu. Firile complet diferite ale celor doi complicau şi mai mult situaţia.

Curtis avea o aură de superioritate şi o reputaţie de astronom distins, bine cunoscut pentru autoritatea şi încrederea cu care vorbea. Aştepta cu nerăbdare confruntarea. Shapley, dimpotrivă, era nervos şi intimidat. Fiu al unui fermier sărac din Missouri, ajunsese astronom mai mult din întâmplare. Ca adolescent, îşi dorise să studieze gazetăria la colegiu, dar cursul a fost desfiinţat, aşa încât trebuia să se îndrepte spre altceva: „Am deschis catalogul cursurilor, iar primul peste care am dat cu ochii a fost a-r-h-e-o-l-o-g-i-e şi n-am fost în stare să pronunţ cuvântul! Am dat pagina şi am văzut a-s-t-r-o-n-o-m-i-e; asta puteam pronunţa — şi iată-mă astronom!"

În perioada dinaintea Marii Dispute, Shapley se număra printre tinerii astronomi promiţători, dar simţea că se află încă în umbra lui

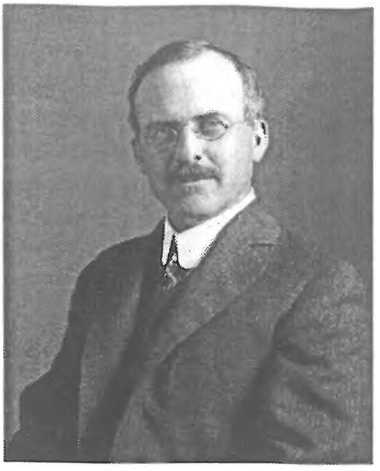


Figura 39 Protagoniştii Marii Dispute: tânărul Harlow Shapley (în stânga) credea că nebuloasele se află în interiorul Căii Lactee; mai vârstnicul Heber Curtis susținea că nebuloasele sunt galaxii independente, la mare distanță de Calea Lactee.

Curtis, aşa că, atunci când trenul Southern Pacific a rămas blocat în Alabama, s-a bucurat că i se dă prilejul să scape de personalitatea adversarului care îl intimida. Shapley s-a plimbat de-a lungul terasamentului în căutarea furnicilor, pe care le studia şi le colecționa de ani buni.

Când a sosit în fine seara Marii Dispute, nervii lui Shapley erau întinşi la maximum din cauza lungii ceremonii de acordare a premiilor care a precedat evenimentul principal. Discursurile rostite în onoarea laureaților şi răspunsurile lor păreau să nu se mai sfârşească. Nu găseai nici măcar un strop de vin care să mai destindă atmosfera, căci legea prohibiției fusese de curând adoptată. Asistând la ceremonii, Albert Einstein i-a şoptit unui vecin: „Tocmai mi-a venit în minte o nouă teorie asupra Eternității."

În cele din urmă, Marea Dispută a ocupat centrul scenei, iar evenimentul principal al serii a început. Primul a vorbit Shapley, afirmând că nebuloasele se află în interiorul Căii Lactee. În prezentarea lui, s-a bazat pe două dovezi pentru a-şi susține punctul de vedere. Mai întâi, a vorbit despre distribuția nebuloaselor. În general, ele au fost

găsite deasupra şi sub planul Căii Lactee, în formă de clătită întinsă, dar rareori chiar în interiorul planului, fâşie cunoscută sub numele de *zonă de evitare*. Shapley a explicat această situaţie afirmând că nebuloasele erau nori de gaze acţionând ca nişte „incubatoare" pentru stelele şi planetele nou-născute. El credea că asemenea nori existau doar în marginile superioară şi inferioară ale Căii Lactee, îndreptându-se spre planul central, pe măsură ce stelele şi planetele se maturizează. El putea deci explica zona de evitare prin faptul că singura galaxie era Calea Lactee. S-a întors apoi spre adversari şi a spus că zona de evitare era incompatibilă cu modelul lor de univers: dacă nebuloasele reprezentau galaxii răspândite prin întreg universul, atunci ele ar fi trebuit să apară pretutindeni de jur împrejurul Căii Lactee.

A doua dovadă a lui Shapley era o novă care apăruse în 1885 în Nebuloasa Andromeda. O novă nu e, aşa cum ar sugera numele, o nouă stea, ci o stea foarte palidă a cărei strălucire creşte brusc pe seama combustibilului furat de la o stea alăturată. Nova din 1885 avea o strălucire reprezentând o zecime din strălucirea întregii Nebuloase Andromeda, ceea ce pare perfect logic dacă presupunem că Andromeda nu e decât un grup mic de stele situate în graniţele galaxiei noastre. Dacă Andromeda ar fi însă o galaxie de sine stătătoare, aşa cum susţineau preopinenţii, atunci ar fi alcătuită din miliarde de stele, iar nova (strălucind de zece ori mai puţin decât întreaga Andromedă) ar fi la fel de strălucitoare ca sute de milioane de stele! Shapley susţinea că era absurd şi că singura concluzie logică era că Nebuloasa Andromeda nu este o galaxie separată, ci doar o parte din Calea Lactee.

Pentru unii, aceste dovezi erau mai mult decât suficiente. Agnes Clercke, istoric al astronomiei, cunoştea deja argumentele lui Shapley şi scrisese încă înaintea disputei: „Nici un om cu judecata limpede, având în faţă toate dovezile disponibile, nu mai poate susţine că o nebuloasă e un sistem de stele de acelaşi rang cu Calea Lactee."

Pentru Curtis însă, problema era departe de a fi tranşată. Pledoaria lui Shapley i se părea subţire şi a atacat principalele argumente ale adversarului. Ambii aveau la dispoziţie 35 de minute pentru a-şi prezenta punctul de vedere, dar stilurile lor difereau. În timp ce Shapley s-a ferit în general să intre în detalii tehnice, adresându-se savanţilor care veneau din alte ramuri ale ştiinţei, Curtis a răspuns dovedind o preocupare încăpăţânată pentru detalii.

În privința zonei de evitare, Curtis credea că era vorba de o iluzie. A afirmat că nebuloaselele, fiind galaxii, erau răspândite simetric de jur împrejurul Căii Lactee. După Curtis, singurul motiv pentru care astronomii nu puteau vedea multe nebuloase în planul Căii Lactee era acela că lumina lor era obturată de stele și de praful interstelar din planul galactic.

Trecând la al doilea argument al lui Shapley, nova din 1885, Curtis l-a respins, considerându-l aberant. Existaseră o mulțime de alte nove observate în trecut în brațele nebuloaselor, iar ele fuseseră, toate, incomparabil mai palide decât celebra novă din Andromeda. De fapt, majoritatea novelor observate în nebuloase erau atât de palide, încât, spunea Curtis, aceasta dovedea că nebuloasele trebuie să se afle undeva foarte departe, dincolo de Calea Lactee. Pe scurt, Curtis nu era dispus să-și abandoneze modelul doar din cauza unei singure nove strălucitoare, observată cu treizeci și cinci de ani în urmă. Curtis a spus odată despre modelul său nedemonstrat, presupunând mai multe galaxii:

> În mințile oamenilor din toate timpurile s-au născut puține idei mai mărețe decât aceasta. Și anume că noi, locuitori minusculi pe un satelit meschin al unuia dintre milioanele de sori ce alcătuiesc galaxia noastră, am putea căuta dincolo de granițele ei și zări alte galaxii asemănătoare, cu diametre de zeci și sute de mii de ani-lumină, fiecare conținând, la fel ca galaxia noastră, sute de milioane de sori, iar astfel pătrundem în marele cosmos la distanțe de la jumătate de milion până la sute de milioane de ani-lumină.

În timpul pledoariei sale, Curtis a prezentat și alte argumente, unele în sprijinul teoriei sale, altele atacând teoria lui Shapley. I se părea că fusese convingător și la puțin timp după încheierea reuniunii a scris familiei: „Dezbaterea de la Washington s-a terminat cu bine și am primit asigurări că am avut câștig de cauză." Adevărul e însă că n-a existat vreun învingător net, iar dacă lumea înclina ușor spre punctul de vedere al lui Curtis, Shapley a pus faptul pe seama stilului și nu a fondului: „Din câte țin minte, eu mi-am citit lucrarea, în timp ce Curtis și-a prezentat-o pe a lui fără să citească prea mult, fiindcă era un om care vorbea clar și răspicat, fără să aibă emoții."

Marea Dispută nu a făcut decât să concentreze atenția asupra unor probleme care erau departe de a fi rezolvate. Ea a ilustrat pregnant natura cercetării aflată la frontierele științei, unde teoriile rivale se

înfruntau înarmate cu date sărăcăcioase. Observațiile folosite de fiecare tabără erau lipsite de rigoare, detaliu și volum, oricine putând eticheta datele drept eronate, imprecise sau interpretabile. Teoriile rivale rămâneau simple speculații până când nu se ajungea la observații concrete, care să ducă de pildă la stabilirea fermă a distanței la care se află nebuloasele. Popularitatea teoriilor pare să depindă mai curând de personalitatea celor care le susțin decât de dovezile reale.

Marea Dispută avea ca miză locul omenirii în cosmos, iar tranșarea chestiunii presupunea un imens progres al astronomiei. Unii savanți, între care autorul de cărți de popularizare Robert Ball, credeau că un asemenea progres nu era cu putință. În *Povestea cerului*, Ball își exprima părerea că astronomii se aflau la limitele cunoașterii: „Am ajuns deja în punctul în care mintea omului nu mai izbutește să aducă vreo lumină, iar imaginația a fost răpusă în încercarea de a înțelege măcar acele cunoștințe deja dobândite."

Afirmații asemănătoare fuseseră probabil făcute și de unii greci din Antichitate, care negau posibilitatea de a măsura dimensiunea Pământului ori distanța până la Soare. Și totuși, prima generație de savanți, între care Eratostene și Anaxagoras, a născocit tehnici ce au permis măsurarea globului terestru și a sistemului solar. Apoi Herschel și Bessel au folosit strălucirea și paralaxa pentru a estima dimensiunea Căii Lactee și distanța până la stele. Sosise acum momentul să fie inventată o riglă care să străbată cosmosul și să lămurească adevărata natură a nebuloaselor.

Acum vedeți, nu-i așa?

Nathaniel Pigott provenea dintr-o familie nobilă și înstărită din Yorkshire. Astronom de prim rang, prieten cu Herschel, Pigott a efectuat observații atente asupra a două eclipse solare și asupra trecerii planetei Venus prin dreptul Soarelui, în 1769. El a construit de asemenea unul dintre cele trei observatoare particulare existente în Anglia la sfârșitul secolului al XVIII-lea. Prin urmare, fiul său Edward a crescut înconjurat de telescoape și de alte instrumente astronomice. Edward a început să fie fascinat de cerul nocturn, iar în scurt timp și-a depășit tatăl în entuziasm și pricepere.

Edward Pigott era înainte de toate preocupat de stelele variabile. Se considera că novele fac parte din categoria stelelor variabile, deoarece, după o lungă perioadă în care par palide, devin brusc strălucitoare, pentru a reveni apoi treptat la luminozitatea inițială. Alte stele — cum ar fi Algol din constelația Perseu, poreclită „Demonul care clipește" — se aprind și se sting regulat. Existența stelelor variabile intra în contradicție directă cu ideea anticilor că stelele sunt neschimbătoare, iar astronomii se străduiau să înțeleagă ce anume provoca fluctuațiile lor.

Pe când avea vreo douăzeci de ani, Pigott l-a luat sub protecția sa pe adolescentul John Goodricke. Acesta era un surdomut cu certe înclinații pentru știință, fiind școlit într-o perioadă când, pentru prima dată, dascălii încercau să se adreseze copiilor surzi. A urmat prima școală britanică pentru surzi, deschisă la Edinburgh în 1760 de Thomas Brainwood. Școala se bucura de o asemenea reputație încât scriitorul și autorul de dicționare Samuel Johnson* a vizitat-o în 1773, când se prea poate să-l fi întâlnit pe Goodricke, care avea pe atunci nouă ani. Pe Johnson îl preocupa educarea copiilor surzi deoarece contractase o tuberculoză de la doica lui și se îmbolnăvise de scarlatină încă din pruncie, iar efectul combinat al celor două boli făcuse ca la vârsta de un an să devină aproape surd și să-i slăbească mult vederea. Johnson a fost atât de impresionat de Academia Brainwood, încât a pomenit-o în cartea sa *Călătorie în insulele de vest ale Scoției*:

> Am vizitat această școală și am găsit câțiva elevi așteptându-l pe învățătorul despre care se spune că e întâmpinat cu chipuri zâmbitoare și ochi în care lucește dorința de a învăța. Una dintre domnișoare ținea în față tăblița ei de ardezie, iar eu am scris pe tăbliță o problemă în care îi ceream să înmulțească un număr din trei cifre cu unul din două cifre. A privit tăblița și, cu un tremur ușor al degetelor, pe care l-am găsit cât se poate de fermecător, fără să pot spune însă dacă era la mijloc prefăcătorie sau joacă, a efectuat înmulțirea corect, ținând cont de poziția zecimală a cifrelor.

Apoi, la vârsta de 14 ani, Goodricke s-a mutat de la Brainwood la Academia Warrington, unde a studiat cot la cot cu elevii care auzeau normal. Profesorii spuneau despre el că era „destul de bun la limbile

---

* Poet, eseist, critic literar, biograf, autor al *Dicționarului limbii engleze*, Samuel Johnson (1709–1784) a fost unul dintre cei mai mari cărturari englezi. (*N. t.*)

clasice şi excelent matematician". Când s-a întors acasă la York şi-a continuat studiile sub îndrumarea lui Edward Pigott, care l-a iniţiat în astronomie, insistând asupra importanţei stelelor variabile.

Goodricke s-a dovedit un excepţional astronom. Căpătase o acuitate şi o fineţe vizuală fără egal şi putea evalua cu mare precizie variaţiile strălucirii unei stele de la noapte la noapte. Performanţa sa era cu atât mai surprinzătoare cu cât el trebuia să ia în considerare efectele condiţiilor atmosferice şi nivelul variabil al luminii provenite de la Lună pentru a obţine acurateţea necesară. Ca să etaloneze strălucirea unei stele variabile, Goodricke o compara cu strălucirea fixă a stelelor nevariabile din jur. Unul din subiectele sale de studiu a fost observarea micilor „clipiri" ale lui Algol în perioada noiembrie 1782 – mai 1783 şi alcătuirea unui grafic al strălucirii în funcţie de timp. Din grafic rezulta că steaua îşi atinge strălucirea minimă la fiecare 68 de ore şi 50 de minute. Variaţia lui Algol e prezentată în figura 40.

Mintea lui Goodricke era la fel de ascuţită ca privirea sa. Studiind modelul de variaţie a strălucirii lui Algol, el a dedus că nu e o stea singură, ci o stea binară — o pereche de stele ce se rotesc una în jurul celeilalte, situaţie despre care azi ştim că e destul de frecventă printre stele. În cazul lui Algol, Goodricke a lansat ipoteza că una dintre stele era mult mai palidă decât cealaltă şi că variaţiile strălucirii globale se datorau trecerii stelei palide prin faţa celei strălucitoare şi obturării luminii acesteia în cursul rotaţiei lor reciproce. Cu alte cuvinte, variaţia era efectul unei eclipsări.

Goodricke avea doar 18 ani, iar analiza făcută în cazul lui Algol era absolut corectă — modelul de variaţie era simetric, eclipsa e un proces simetric, sistemul stelar era în general strălucitor, cu faze relativ scurte în care devenea palid, ceea ce este iarăşi caracteristic pentru o eclipsare. De fapt, o mare parte din stelele variabile pot fi explicate astfel. Valoarea lucrării sale a fost recunoscută de Societatea Regală, care i-a acordat prestigioasa Medalie Copley pentru cea mai importantă descoperire ştiinţifică din anul curent. Cu trei ani în urmă William Herschel primise medalia, iar ea va fi mai târziu decernată lui Dimitri Mendeleev pentru alcătuirea tabelului periodic, lui Einstein pentru relativitate şi lui Francis Crick şi James Watson pentru descifrarea secretului moleculei de ADN.

Fenomenul de eclipsare la stelele binare a fost o mare descoperire în istoria astronomiei, dar nu va juca nici un rol în povestea

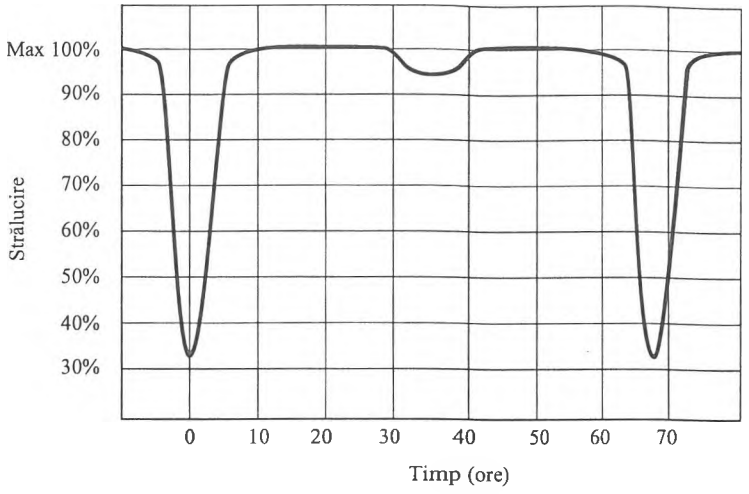


Figura 40 Variația strălucirii stelei Algol e simetrică și periodică, cu un minim al strălucirii la fiecare 68 de ore și 50 de minute.

nebuloaselor. În schimb, o serie de observații efectuate de Goodricke și Pigott în 1784 vor duce în cele din urmă la tranșarea Marii Dispute. În noaptea de 10 septembrie, Pigott a observat că strălucirea stelei Eta Aquilae varia. O lună mai târziu, pe 10 octombrie, Goodricke a văzut că și Delta Cephei variază. Nimeni nu sesizase până atunci natura variabilă a acestor stele, dar Pigott și Goodricke aveau o capacitate remarcabilă de a detecta ușoare modificări în strălucire. Goodricke a reprezentat grafic variația în timp a celor două stele și a arătat că tiparul lui Eta Aquilae se repeta la fiecare șapte zile, iar cel al lui Delta Cephei la fiecare cinci zile, deci ambele aveau o perioadă de variație semnificativ mai lungă decât Algol. Dar lucrul cel mai interesant legat de Eta Aquilae și Delta Cephei era forma acestor variații în strălucire.

Figura 41 prezintă graficul variației lui Delta Cephei. Trăsătura cea mai izbitoare e absența simetriei. În vreme ce graficul lui Algol (figura 40) prezintă o serie de „văi" înguste și simetrice, graficul lui Delta Cephei urcă în doar o zi la valoarea maximă a strălucirii, iar apoi pălește treptat până la valoarea minimă în decurs de patru zile. Eta Aquilae prezintă un model similar, „în dinți de ferăstrău". Acest

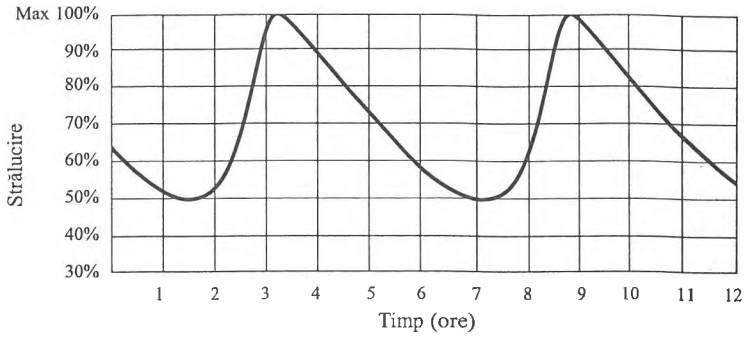


Figura 41 Strălucirea variabilă a stelei Delta Cephei. Variația e asimetrică, strălucirea crescând rapid și scăzând lent.

model nu poate fi explicat printr-un efect de eclipsare, așa încât cei doi tineri au presupus că variația trebuia să se explice prin ceva intrinsec celor două stele. Ei au hotărât că Eta Aquilae și Delta Cephei aparțineau unei noi clase de stele variabile, cunoscute acum sub numele de *variabile cefeide* sau, mai simplu, cefeide. Unele cefeide au o variație foarte fină, cum e cazul lui Polaris, sau Steaua Nordului (Steaua Polară), cea mai apropiată cefeidă. William Shakespeare ignora cu desăvârșire natura variabilă a Stelei Nordului, căci în *Iuliu Cezar* îl pune pe Cezar să declare: „Sunt statornic ca Steaua Nordului." Deși steaua e statornică în sensul că indică mereu nordul, luminozitatea ei variază, crescând ușor, iar apoi pălind ușor din patru în patru nopți.

Astăzi știm ce se petrece în interiorul unei cefeide, ce îi provoacă variațiile asimetrice și ce o deosebește de alte stele. Majoritatea stelelor se află într-o stare de echilibru stabil, ceea ce în linii mari înseamnă că masa uriașă a stelei tinde să colapseze sub forța gravitației, dar această tendință e contracarată de presiunea îndreptată spre exterior, provocată de temperatura ridicată a materiei din interiorul stelei. E ca un balon aflat în echilibru, fiindcă suprafața de cauciuc tinde să se contracte, în timp ce presiunea aerului dinăuntru apasă spre exterior. Dacă puneți balonul în frigider, după un timp aerul se răcește, presiunea aerului dinăuntru scade, iar balonul se contractă, ajungând într-o nouă stare de echilibru.

Cefeidele însă nu se află într-o stare de echilibru, ci fluctuează. Când o cefeidă e relativ rece, ea nu poate echilibra forța gravitațională,

ceea ce duce la contracția stelei. Aceasta comprimă combustibilul din miezul stelei, generându-se astfel mai multă energie; astfel, steaua se încălzește și se dilată. Energia e eliberată în cursul dilatării și după încetarea ei, ceea ce face ca steaua să sufere o răcire și o contracție, iar întregul proces e reluat. Faza de contracție comprimă stratul exterior al stelei, ea devenind mai opacă. De aici rezultă faza în care cefeida pălește.

Deși Goodricke nu cunoștea explicația pentru variabilitatea cefeidelor, descoperirea acestui nou tip de stele era în sine o mare realizare. La doar 21 de ani i-a fost acordat încă un titlu: membru al Societății Regale. Două săptămâni mai târziu însă, tânărul astronom s-a stins din viață. Goodricke a murit din pricina unei pneumonii căpătate în cursul lungilor nopți reci pe care le petrecuse privind stelele. Pigott, prietenul și colaboratorul său, a spus atunci: „Acest tânăr de ispravă nu se mai află printre noi; dincolo de faptul că mulți prieteni îl regretă, dispariția lui se va dovedi și o mare pierdere pentru astronomie, pe măsură ce vor ieși la iveală descoperirile pe care le-a făcut în timp atât de scurt." Într-o carieră de doar câțiva ani, Goodricke își adusese o contribuție excepțională la progresul astronomiei. Deși n-avea cum să-și fi dat seama, descoperirea variabilelor cefeide va ocupa un loc central în Marea Dispută, precum și în dezvoltarea cosmologiei.

În cursul veacului următor, astronomii au descoperit 33 de stele care prezentau o variație caracteristică „în dinți de ferăstrău". Strălucirea fiecăreia creștea și scădea cu o periodicitate cuprinsă între câteva zile și mai bine de o lună. Exista însă o dificultate majoră în studiul cefeidelor: subiectivitatea. De fapt, această problemă apărea pretutindeni în astronomie. Dacă observatorii vedeau ceva pe firmament, interpretarea lor era inevitabil denaturată, în special dacă fenomenul se petrecea rapid, iar interpretarea se baza pe memorie. De asemenea, observația putea fi înregistrată numai prin cuvinte sau desene, iar ele nu puteau duce la acuratețea absolută de care era nevoie.

În 1839 însă, Louis Daguerre a prezentat *dagherotipul*, descoperind un procedeu de imprimare chimică a imaginilor pe o placă de metal. Brusc, dagheromania a cuprins întreaga lume, iar oamenii s-au așezat la cozi interminabile pentru a fi fotografiați. Așa cum se întâmplă cu orice nouă tehnică, au existat și unii critici, după cum o demonstrează acest extras dintr-un ziar apărut la Leipzig: „Dorința de a prinde imaginile efemere nu e doar absurdă [...] dar însăși dorința, voința de a

face acest lucru, e o blasfemie. Dumnezeu l-a făcut pe om după chipul şi asemănarea sa, şi nici o maşinărie construită de mâna omului nu are dreptul să imortalizeze chipul lui Dumnezeu. E oare cu putinţă ca Dumnezeu să fi renunţat la principiile Sale eterne şi să-i permită unui franţuz să aducă lumii o născocire a Diavolului?"

John Herschel, fiul lui William, acum preşedinte al Societăţii Astronomice Regale, a fost unul dintre primii care au adoptat această nouă tehnică. La câteva săptămâni după ce sosise vestea invenţiei lui Daguerre, el a putut reproduce procedeul şi a făcut prima fotografie pe sticlă (figura 42), care înfăţişează cel mai mare telescop al tatălui său cu puţin timp înainte de a fi demontat. A continuat să aducă importante contribuţii la dezvoltarea fotografiei şi a introdus termenii de „fotografie" şi „instantaneu" [*snapshot*], alături de alţii precum „pozitiv" şi „negativ". Herschel era de fapt doar unul dintre numeroşii astronomi care au participat la dezvoltarea tehnicilor fotografice în efortul lor de a capta lumina celor mai palide corpuri cereşti.

Fotografia le-a adus astronomilor obiectivitatea pe care o căutau. Când Herschel încerca în trecut să descrie strălucirea unei stele, el era obligat să consemneze: „Alpha Hydrae e mult inferioară lui Gamma Leonis şi puţin inferioară lui Beta Aurigae." Asemenea note vagi puteau fi acum înlocuite cu fotografii mai obiective şi mai precise.

În ciuda avantajelor fotografiei, tradiţionaliştii o priveau cu neîncredere şi erau îngrijoraţi de consecinţele acestei noi tehnici. Astronomii care se bazau pe desene se temeau că pe cerul nocturn vor apărea astfel noi elemente iluzorii, introduse pur şi simplu de procesele chimice. De pildă, nu s-ar putea oare ca vreun reziduu chimic să fie interpretat greşit drept o nebuloasă? De acum înainte, orice observaţie raportată trebuia să poarte menţiunea „vizuală" sau „fotografică" pentru a nu exista dubii cu privire la proveniența ei.

Odată însă ce tehnica a ajuns la maturitate, iar firescul conservatorism s-a topit, faptul că fotografia era cea mai bună metodă de înregistrare a observaţiilor a devenit general acceptat. În 1900, un astronom de la Observatorul Princeton afirma că fotografiile reprezintă „o mărturie permanentă, autentică şi eliberată de subiectivismul imaginaţiei sau al ipotezelor, care prejudiciază atât de grav autoritatea multor observaţii oculare".

Fotografia s-a dovedit o tehnică inestimabilă de înregistrare a observaţiilor, precisă şi obiectivă, dar a fost importantă şi prin capacitatea

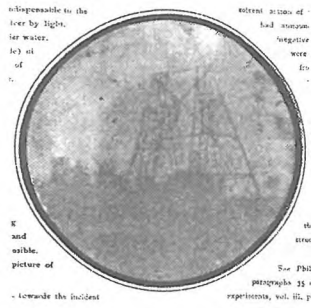


Figura 42 Sir John Herschel, fiul lui William Herschel, așa cum apare imortalizat de celebrul fotograf autor de portrete Julia Margaret Cameron. Alături se află prima fotografie pe sticlă, făcută de John Herschel în 1839. Ea înfățișează telescopul tatălui său, care apare și în desenul din figura 33.

ei de a detecta corpuri până atunci invizibile. Dacă telescopul e îndreptat spre un corp foarte îndepărtat, lumina care ajunge la ochiul omului ar putea fi prea slabă pentru a fi percepută, chiar dacă telescopul are o apertură mare. Dar dacă ochiul e înlocuit cu o placă fotografică, ea poate fi expusă minute sau chiar ore în șir, captând tot mai multă lumină pe măsura scurgerii timpului. Ochiul uman absoarbe lumina, o prelucrează și o elimină într-o clipă, iar apoi ia totul de la capăt, în vreme ce placa fotografică acumulează continuu lumină, construind o imagine care devine din ce în ce mai pregnantă.

Pentru a rezuma, ochiul are o sensibilitate limitată, un telescop cu apertură mare sporește această sensibilitate, iar același telescop cuplat cu o placă fotografică e și mai sensibil. De pildă, în constelația Pleiadelor șapte stele sunt vizibile cu ochiul liber, dar Galilei a putut vedea cu telescopul său 43 de stele în acea regiune. Spre sfârșitul anilor 1880, frații Paul și Prosper Henry, astronomi francezi, au făcut o fotografie cu timp lung de expunere și au numărat acolo 2 326 de stele.

În centrul revoluției fotografice din astronomie s-a aflat Observatorul Colegiului Harvard, în parte grație primului său director,

William Cranch Bond, care a obținut prima dagherotipie a unei stele de pe cerul nocturn, steaua Vega, încă din 1850. De asemenea, astronomul amator Henry Draper (al cărui tată, John Draper, obținuse prima fotografie a Lunii) și-a lăsat moștenire averea celor de la Harvard pentru a fotografia și cataloga toate stelele observabile.

Aceasta i-a permis lui Edward Pickering, ajuns în 1877 director al observatorului, să inițieze un program sistematic de fotografiere a cerului. În deceniile următoare, la observator s-au făcut o jumătate de milion de fotografii, iar una din marile probleme cu care se confrunta Pickering era punerea la punct a unei metode de analiză a plăcilor fotografice care să funcționeze la scară industrială. Pe fiecare placă se aflau sute de stele, iar pentru fiecare pată luminoasă trebuia estimată strălucirea și măsurată poziția. Pickering a recrutat o echipă de tineri pentru a lucra pe post de *calculatori*, termen folosit inițial spre a-i desemna pe cei ce operau cu date și făceau calcule.

Din păcate însă, și-a dat seama curând că echipei sale îi lipsea concentrarea și că tinerii nu erau atenți la detalii. Ajuns la capătul răbdării, într-o bună zi a spus că menajera lui scoțiană ar face treaba asta mai bine. Pentru a-și dovedi afirmația, și-a concediat echipa formată numai din bărbați și a angajat în locul lor femei, punând-o în fruntea lor pe menajeră. Williamina Fleming fusese învățătoare în Scoția înainte de a emigra în America, unde, însărcinată fiind, a fost părăsită de soțul ei și a trebuit să se angajeze ca menajeră. Acum ea conducea o echipă poreclită „haremul lui Pickering" și cerceta cea mai vastă colecție de imagini astronomice din lume.

Pickering e unanim respectat pentru politica sa liberală de recrutare, dar la mijloc au existat și rațiuni de ordin practic. În general, femeile s-au dovedit mai precise și mai meticuloase decât bărbații pe care i-au înlocuit și acceptau să fie plătite cu 25 până la 30 de cenți pe oră, în timp ce bărbații ceruseră 50 de cenți. De asemenea, femeile se mărgineau la rolul de calculatoare și nu li se dădea ocazia să facă ele însele observații. Aceasta se datora în parte faptului că telescoapele erau adăpostite în observatoare reci și întunecoase, considerate nepotrivite pentru sexul slab, și în parte prejudecăților victoriene — era de neconceput ca un bărbat și o femeie să lucreze împreună noaptea târziu, privind la spectacolul romantic al stelelor. Acum însă femeile puteau cel puțin examina rezultatele fotografice ale observațiilor din

Figura 43 „Calculatoarele" de la Harvard în exercițiul funcțiunii, examinând plăcile fotografice, în timp ce Edward Pickering și Williamina Fleming le supraveghează. Pe peretele din spate se află două grafice reprezentând oscilațiile strălucirii stelelor.

timpul nopții și contribui astfel la astronomie, disciplină din care în trecut fuseseră excluse.

Deși echipa de femei calculatoare a Williaminei Fleming trebuia să se ocupe cu munca ingrată de a aduna date din fotografii pentru ca bărbații astronomi să efectueze cercetarea, nu a trecut mult și femeile au ajuns la propriile lor concluzii științifice.

De exemplu, Annie Jump Cannon a catalogat aproximativ 5 000 de stele pe lună în perioada 1911–1915, calculând poziția, strălucirea și culoarea fiecăreia. Pornind de la experiența astfel dobândită, a avut o contribuție însemnată la sistemul de clasificare stelară, împărțind stelele în șapte clase (O, B, A, F, G, K, M). Și în zilele noastre cei care încep studiul astronomiei învață acest sistem de clasificare stelară, folosindu-se în genere de mnemotehnică: „Oh, Be A Fine Guy — Kiss me!" ["Oh, fii un tip drăguț — sărută-mă!"] În 1925, Cannon a devenit prima femeie care a primit titlul de doctor onorific al Universității Oxford, ca recunoaștere a spiritului iscoditor și tenace de

care dăduse dovadă. A fost aleasă prin vot între primele douăsprezece femei celebre din America în 1931, iar în acelaşi an a devenit prima femeie care a primit prestigioasa Medalie de Aur Draper din partea Academiei Naţionale de Ştiinţe.

În copilărie, Cannon suferise de scarlatină şi în urma bolii rămăsese aproape complet surdă, la fel ca John Goodricke, descoperitorul cefeidelor. Se pare că la ambii pierderea auzului a fost compensată prin ascuţirea văzului, ceea ce le-a permis să repereze detalii fine care altora le scăpaseră. Cea mai celebră membră a echipei lui Pickering, Henrietta Leavitt, era de asemenea surdă. Leavitt este cea care a observat pe plăcile fotografice trăsăturile ce aveau să tranşeze o dată pentru totdeauna Marea Dispută. Ei îi datorează astronomii faptul că au izbutit să măsoare distanţa până la nebuloase, iar descoperirea ei va influenţa în deceniile următoare cosmologia.

Fiică a unui pastor, Leavitt s-a născut în 1868 la Lancaster, Massachusetts. Profesorul Solon Bailey, care a cunoscut-o la Observatorul Colegiului Harvard, îşi amintea de caracterul ei format prin educaţia religioasă primită:

> Era un membru devotat al cercului intim al familiei sale, prietenilor le purta de grijă fără urmă de egoism, era ferm credincioasă principiilor ei, profund cinstită şi sinceră în devotamentul faţă de religia şi biserica ei. Avea darul rar de a vedea în ceilalţi tot ce e bun, iar firea ei era atât de luminoasă încât, pentru ea, viaţa devenea frumoasă şi plină de sens.

În 1892, Leavitt a absolvit Colegiul Radcliffe al Universităţii Harvard, cunoscut la acel timp sub numele de Societatea de Înalte Studii pentru Femei. Următorii doi ani a rămas acasă, în convalescenţă după o grea boală, probabil meningită, care a lăsat-o fără auz. După ce s-a mai înzdrăvenit, s-a angajat voluntară la Observatorul Colegiului Harvard, unde analiza în detaliu stelele variabile, a căror catalogare cădea în sarcina ei. Fotografia transformase studiul stelelor variabile, deoarece două plăci fotografice obţinute în nopţi diferite puteau fi suprapuse şi comparate direct, iar astfel variaţiile în strălucire puteau fi mai uşor detectate. Leavitt a fost o pioniera a acestei tehnici, descoperind peste 2 400 de stele variabile, aproximativ jumătate din totalul celor cunoscute pe vremea ei. Profesorul Charles Young de la Universitatea Princeton a fost atât de impresionat încât a numit-o „un expert în stelele variabile".

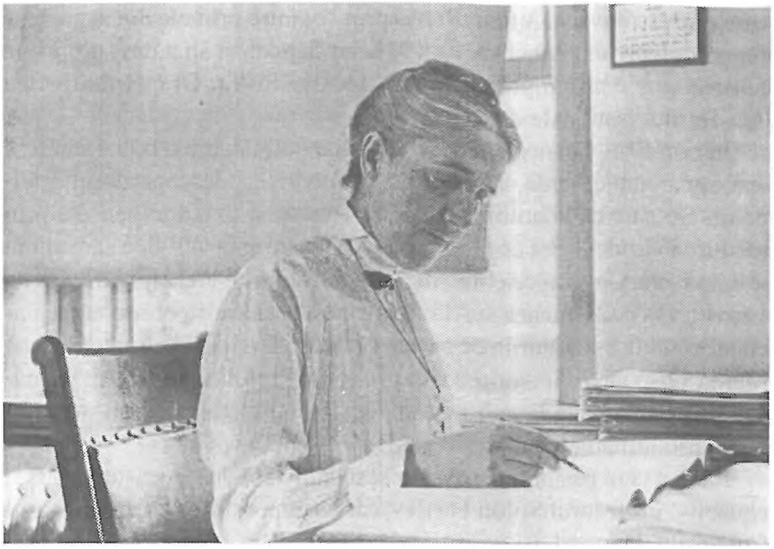


Figura 44 Henrietta Leavitt, care, începând ca voluntar neplătit la Observatorul Colegiului Harvard, a ajuns să facă una dintre cele mai importante descoperiri din secolul XX în astronomie.

Dintre diversele tipuri de stele variabile, Leavitt a făcut o pasiune pentru cefeide. După luni de zile petrecute măsurând și catalogând cefeidele, își dorea cu ardoare să înțeleagă ce anume determina ritmul fluctuațiilor lor. În încercarea de a lămuri misterul, ea și-a concentrat atenția asupra singurelor două informații ferme disponibile pentru oricare cefeidă: perioada de variație și strălucirea. Leavitt își propunea să găsească o relație între perioadă și strălucire — poate că o stea mai strălucitoare avea o perioadă de variație mai lungă decât una mai palidă, sau invers. Din păcate, părea imposibil să obții ceva pornind de la datele legate de strălucire. De pildă, o cefeidă aparent strălucitoare putea fi în realitate o stea palidă din apropiere, iar una palidă putea fi în realitate o stea strălucitoare aflată la mare distanță.

Astronomii știau de mult că nu pot percepe decât strălucirea aparentă a unei stele, diferită de cea reală. Nu se întrevedea vreo soluție la această problemă, iar majoritatea astronomilor au renunțat să mai încerce rezolvarea ei, însă răbdarea, devotamentul și concentrarea

Henriettei Leavitt au condus-o la o idee pe cât de ingenioasă, pe-atât de uimitoare. A ajuns la descoperirea ei concentrându-şi atenţia asupra unei formaţiuni de stele numite Micul Nor al lui Magellan, botezată după exploratorul din secolul al XVI-lea Ferdinand Magellan, care a observat-o pe când naviga pe oceanele din sud pentru a face înconjurul Pământului. Micul Nor al lui Magellan fiind vizibil doar din emisfera sudică, Leavitt trebuia să se bazeze pe fotografii obţinute de tescoapele celor de la Harvard amplasate în Peru, la Arequipa. Ea a izbutit să identifice 25 de cefeide în cadrul Micului Nor al lui Magellan. Nu cunoştea distanţa de la Pământ la Micul Nor al lui Magellan, dar bănuia că se află relativ departe şi că cefeidele din el erau relativ apropiate între ele. Cu alte cuvinte, toate cele 25 de cefeide se aflau aproximativ la aceeaşi distanţă faţă de Pământ. Brusc, Leavitt şi-a dat seama că avea exact ce-i trebuia. Dacă cefeidele din Micul Nor al lui Magellan se găseau cam la aceeaşi distanţă de Pământ, atunci faptul că o cefeidă era mai strălucitoare decât alta însemna că era mai luminoasă în mod intrinsec, şi nu aparent.

Presupunerea că stelele din Micul Nor al lui Magellan se aflau aproximativ la aceeaşi distanţă de Pământ nu avea un temei cert, dar părea rezonabilă. Raţionamentul lui Leavitt seamănă cu cel al unui observator care vede pe cer un cârd de 25 de păsări şi presupune că distanţele dintre ele sunt relativ mici în comparaţie cu distanţa de la observator la întregul cârd. Prin urmare, dacă o pasăre *pare* mai mică decât celelalte, atunci probabil că *este* într-adevăr mai mică. Dacă însă vezi 25 de păsări împrăştiate de-a lungul şi de-a latul cerului, iar una pare mai mică decât celelalte, nu poţi şti sigur dacă pasărea e cu adevărat mai mică sau doar se află mai departe.

Leavitt era acum pregătită să studieze relaţia dintre strălucirea şi perioada cefeidelor. Pornind de la presupunerea că strălucirea aparentă a fiecărei cefeide din Micul Nor al lui Magellan era un indiciu corect asupra strălucirii sale reale în raport cu celelalte cefeide din Nor, Leavitt a desenat graficul strălucirii aparente în funcţie de perioada de variaţie pentru cele 25 de cefeide. Rezultatul a fost uimitor. Figura 45 (a) arată că cefeidele cu perioade mai lungi de fluctuaţie sunt de regulă mai strălucitoare şi, lucru încă şi mai important, punctele ce reprezintă datele par în general să urmeze o curbă netedă. Figura 45 (b) prezintă aceleaşi date, dar la altă scară pentru perioada de variaţie, dezvăluind astfel mai limpede relaţia dintre strălucire şi

perioadă. În 1912, Leavitt şi-a anunţat concluzia: „Se poate trasa o linie dreaptă printre cele două serii de puncte corespunzând maximelor şi minimelor, ceea ce dovedeşte că există o relaţie simplă între strălucirile variabilelor şi perioadele lor."

Leavitt descoperise o relaţie pur matematică între luminozitatea reală a unei cefeide şi perioada variaţiei strălucirii ei aparente: cu cât luminozitatea cefeidei e mai mare, cu atât perioada dintre maximele strălucirii e mai mare. Ea era încredinţată că această regulă era valabilă pentru toate stelele variabile cefeide din univers şi că graficul ei putea fi extins la cefeide cu perioade foarte lungi. Era un rezultat excepţional, bogat în consecinţe cosmice, dar a fost publicat sub titlul oarecum anodin „Perioadele a 25 de stele variabile din Micul Nor al lui Magellan".

Forţa descoperii lui Leavitt stătea în faptul că acum ea putea compara oricare două cefeide de pe firmament şi putea calcula distanţele lor relative faţă de Pământ. De exemplu, dacă ea ar fi găsit două cefeide în zone diferite de pe cer, având aproximativ aceeaşi perioadă de variaţie, atunci ea ar fi ştiut că stelele au aproximativ aceeaşi strălucire — graficul din figura 45 prezicea că o anumită perioadă de variaţie implică o anumită strălucire intrinsecă. Astfel, dacă una dintre cele două stele pare de 9 ori mai palidă decât cealaltă, înseamnă că e mai îndepărată. Mai exact, înseamnă că e de 3 ori mai îndepărtată, fiindcă strălucirea scade cu pătratul distanţei, iar $3^2 = 9$. Sau dacă o cefeidă pare de 144 de ori mai palidă decât o alta având aproximativ aceeaşi perioadă, atunci ea trebuie să se afle la o distanţă de 12 ori mai mare, pentru că $12^2 = 144$.

Dar deşi astronomii puteau folosi acum graficul lui Leavitt pentru a calibra strălucirea cefeidelor şi a stabili distanţele relative dintre oricare două cefeide, ei nu cunoşteau încă valoarea absolută a distanţei până la vreuna din ele. Ei puteau spune, de pildă, că o cefeidă se află la o distanţă de 12 ori mai mare decât o alta, dar nimic mai mult. Dacă însă distanţa fie şi până la o singură stea variabilă cefeidă ar fi fost aflată, atunci ar fi putut fi folosită scara de măsură a Henriettei Leavitt şi etalona distanţele până la toate cefeidele.

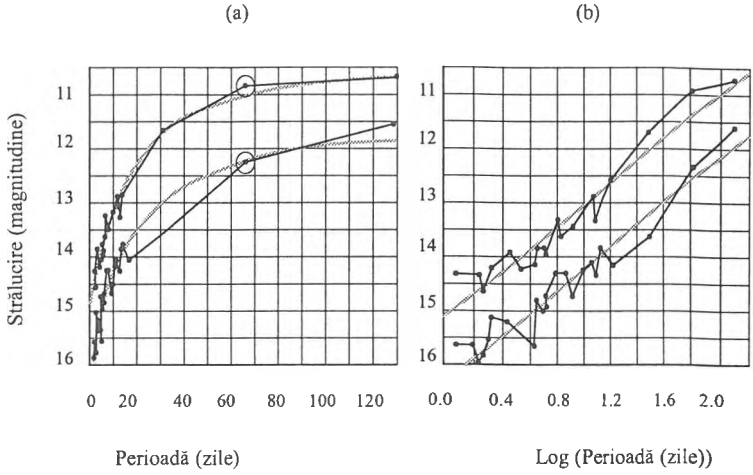


Figura 45 Aceste două grafice prezintă observațiile Henriettei Leavitt asupra stelelor variabile cefeide din Micul Nor al lui Magellan. Graficul (a) reprezintă strălucirea (pe axa verticală) în funcție de perioada măsurată în zile (pe axa orizontală), fiecare punct corespunzând unei cefeide. În grafic apar două linii: una pentru maximele strălucirii, iar cealaltă pentru minimele strălucirii fiecărei stele variabile.

Ca să putem interpreta graficul, am încercuit acele puncte care reprezintă o cefeidă având o perioadă de aproximativ 65 de zile și o strălucire variind între 11,4 și 12,8. Se pot trasa două curbe netede ce unesc aceste puncte. Nu fiecare punct se află exact pe curbă, dar, în limitele erorilor, curbele par să fie o bună aproximare a datelor.

Strălucirea stelelor se exprimă în termeni de magnitudine, unitate de măsură oarecum derutantă, căci cu cât e steaua mai strălucitoare, cu atât mai mică e magnitudinea ei, motiv pentru care pe verticală apar valori de la 16 la 11. În plus, magnitudinea se măsoară pe o *scară logaritmică*. Definirea scării logaritmice iese din cadrul acestei cărți; tot ce trebuie să înțelegem este că relația dintre strălucire și perioada de variație devine mai limpede dacă și perioada e reprezentată la scară logaritmică, după cum se vede în graficul (b). Acum punctele se așază destul de aproape de o pereche de linii drepte, ceea ce indică faptul că există o relație matematică simplă între perioada de variație și strălucirea unei cefeide.

Observațiile decisive care au făcut cu putință acest lucru s-au datorat efortului colectiv al unor astronomi între care s-au numărat Harlow Shapley și danezul Ejnar Hertzsprung. Cei doi au folosit o combinație de tehnici, incluzând paralaxa, pentru a măsura distanța până la o cefeidă variabilă, ceea ce a transformat rezultatele Henriettei Leavitt în ghidul absolut pentru distanțele din cosmos. Variabilele cefeide puteau deveni rigla cu care universul să fie măsurat.

În rezumat, un astronom putea calcula acum distanța până la orice cefeidă printr-un proces simplu, constând din trei pași. Întâi, trebuia să determine cât de repede variază, ceea ce dezvăluia strălucirea reală a stelei. Apoi, să constate strălucirea ei aparentă. Și, în fine, să calculeze ce distanță ar transforma strălucirea ei reală în cea aparentă.

Pentru a găsi o analogie simplă, închipuiți-vă stelele cefeide pulsând ca pe niște faruri care clipesc. Să presupunem că ritmul cu care clipește un far depinde de strălucirea lui (ca în cazul unei stele cefeide), așa încât un far de 3 kW clipește de trei ori pe minut, iar unul de 5 kW de cinci ori pe minut. Dacă un marinar navigând noaptea pe mare zărește lumina unui far, el poate calcula distanța până la far prin același proces în trei pași. Întâi determină frecvența pulsațiilor, ceea ce îi dă imediat strălucirea reală a farului. Apoi vede cât de strălucitor îi apare lui farul. În fine, calculează ce distanță ar transforma strălucirea reală în cea aparentă.

Marinarul poate de asemenea estima distanța până la un sat care se află în aceeași direcție cu farul, fiindcă poate presupune că satul se află aproximativ la aceeași distanță cu cea calculată deja pentru far. S-ar putea ca satul să fie departe de coastă, și departe de far, sau ca farul să fie amplasat pe o stâncă, în largul mării, departe de sat, dar în general farul se va afla în apropierea satului, iar estimarea se va dovedi în linii mari corectă. În mod cu totul asemănător, un astronom care calculează distanța până la o variabilă cefeidă știe de asemenea distanța aproximativă până la orice altă stea din vecinătatea ei. Metoda nu e infailibilă, dar funcționează în majoritatea cazurilor.

Profesorul Gösta Mittag-Leffler de la Academia Suedeză de Științe a fost atât de impresionat de Henrietta Leavitt și de forța riglei cefeidelor, încât în 1924 a început să facă demersurile necesare pentru ca ea să primească premiul Nobel. Dar, când a început să facă investigații privind activitatea ei științifică din prezent, a aflat cu stupoare că Henrietta Leavitt murise de cancer cu trei ani în urmă, pe 12 decembrie

1921, la vârsta de 53 de ani. Leavitt nu fusese un astronom cunoscut de marele public, care să cutreiere lumea ținând conferințe, ci un umil cercetător care își studia plăcile fotografice pe tăcute și cu migală, încât dispariția ei a trecut practic neobservată în Europa. Nu numai că n-a trăit destul pentru a se bucura de recunoașterea meritată, dar n-a apucat nici să vadă impactul decisiv al muncii sale asupra Marii Dispute privind natura nebuloaselor.

Astronomul titan

Astronomul care va exploata în întregime potențialul descoperirii Henriettei Leavitt a fost Edwin Hubble, probabil cel mai celebru astronom al generației sale. S-a născut în Missouri în 1889. Părinții lui, John și Jennie Hubble, s-au cunoscut atunci când, grav rănit într-un accident petrecut la fermă, John a fost îngrijit de Jennie, fiica doctorului. Sângera abundent și arăta atât de rău, încât ea a spus că nu mai voia să-l vadă „niciodată pe John Hubble". Dar, când și-a revenit, Jennie s-a îndrăgostit de el și s-au căsătorit în 1884.

Edwin a avut în general o copilărie fericită, cu excepția unui episod traumatizant petrecut pe când avea șapte ani. El și fratele lui Bill erau geloși pe Virginia, surioara lor de 14 luni, care se afla mereu în centrul atenției, și s-au hotărât să se răzbune călcând-o pe degete pentru a o face să plângă. Câteva zile mai târziu, ea s-a îmbolnăvit de o boală nediagnosticată, care s-a dovedit a-i fi fatală. Uluit și îngrozit, Edwin s-a considerat vinovat, deși gestul lui nu avusese nici o legătură cu boala Virginiei. „Edwin a trecut printr-o gravă tulburare psihică și, fără înțelegerea și înțelepciunea părinților, această paranoia ar fi putut provoca o altă tragedie în familie", avea să-și amintească o rudă apropiată. Edwin era foarte apropiat de mama lui, iar ea a fost cea care l-a ajutat să treacă peste acest episod cutremurător din copilărie.

Edwin a fost apropiat și de bunicul lui, Martin Hubble, care l-a inițiat în astronomie construind pentru el un telescop pe care i l-a dăruit când a împlinit opt ani. Martin i-a convins pe părinții lui Edwin să-l lase să stea până noaptea târziu pentru a privi miriada de stele de pe cerul negru din Missouri. Stelele și planetele ajunseseră să-l fascineze într-atât încât, fiind încă elev în ciclul secundar, a publicat într-un ziar local un articol despre Marte. Domnișoara Hariett Grote, profesoara

lui, şi-a dat seama de entuziasmul tot mai mare pentru astronomie al tânărului: „Edwin Hubble va deveni unul dintre cei mai străluciţi oameni din generaţia sa." Probabil că fiecare profesor spune cam acelaşi lucru despre elevul lui favorit, dar în cazul lui Edwin profeţia domnişoarei Grote s-a adeverit.

Hubble şi-a continuat studiile la Colegiul Wheaton, cu speranţa că va obţine o bursă la o universitate importantă. La ceremonia de absolvire, când se anunţau asemenea burse, directorul l-a şocat pe Hubble afirmând: „Edwin Hubble, te-am urmărit vreme de patru ani şi nu te-am văzut studiind nici măcar pentru zece minute." După o pauză de mare efect dramatic, directorul a continuat: „Ai primit o bursă la Universitatea din Chicago."

Hubble plănuise să studieze la Chicago astronomia, dar autoritarul său tată l-a obligat să urmeze dreptul, datorită venitului sigur pe care l-ar fi câştigat astfel. În tinereţe, John Hubble se luptase din greu pentru a-şi câştiga pâinea de zi cu zi şi ajunsese destul de târziu să dobândească o oarecare bunăstare, după ce se angajase ca agent de asigurări. Era mândru de meseria care adusese familia Hubble la un statul respectabil, în rândul clasei mijlocii: „Cea mai bună definiţie pe care am găsit-o pentru civilizaţie este că un om civilizat e acela care face tot ce-i mai bine pentru cei din jur, în vreme ce sălbaticul face ce-i mai bine pentru sine. Civilizaţia nu e decât o uriaşă companie de asigurări reciproce împotriva egoismului uman."

Edwin a pus capăt conflictului dintre propriile sale ambiţii şi pragmatismul tatălui studiind de formă dreptul, în timp ce urma câte cursuri de fizică era în stare pentru a nu-şi ruina visul de a deveni astronom. În fruntea departamentului de fizică al Universităţii din Chicago se afla Albert Michelson, cel care demonstrase inexistenţa eterului şi obţinuse primul premiu Nobel în fizică pentru America în 1907. La aceeaşi universitate se găsea şi Robert Millikan*, cel care avea să devină al doilea laureat Nobel american în fizică. El l-a luat pe Hubble ca asistent cu jumătate de normă în laboratorul său pe când Edwin era abia student în cursul inferior. A fost o relaţie de scurtă durată, dar esenţială, fiindcă Millikan l-a ajutat pe Hubble să-şi atingă următorul obiectiv: o bursă Rhodes la Universitatea Oxford.

---

* Robert Millikan (1868–1953) este cel care a determinat experimental pentru prima oară sarcina electronului. (*N. t.*)

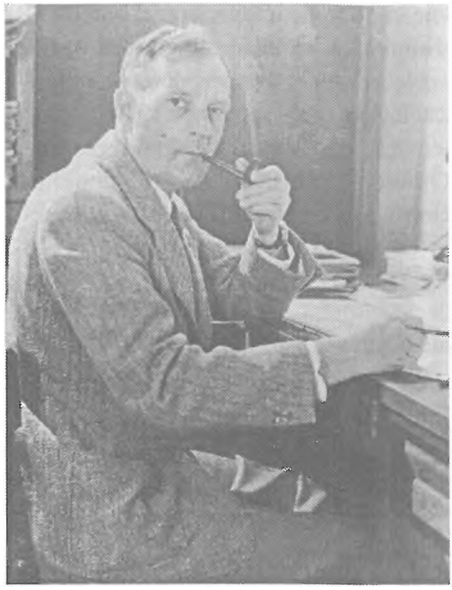


Figura 46 Edwin Powell Hubble, cel mai mare astronom observațional din generația sa, pufăind din pipa cioplită de el însuși din lemn de trandafir.

Bursele Rhodes fuseseră înființate în 1903 și erau finanțate din averea lăsată de Cecil Rhodes*, care murise cu un an în urmă. Ele erau acordate tinerilor americani care dovedeau deopotrivă tărie de caracter și inteligență. George Parker, administratorul fondurilor, spunea că cele 32 de burse erau pentru aceia care „aveau mari șanse să devină președinți ai Statelor Unite, judecători supremi ai înalte curți sau ambasadori ai Americii în Marea Britanie". Millikan i-a făcut lui Hubble o recomandare excelentă: „Găsesc că Hubble e excepțional înzestrat pentru fizică, având bogate cunoștințe și un caracter plăcut, care îi face cinste. [...] Rar mi-a fost dat să cunosc un om care să

* Magnat al diamantelor (zăcămintele din sudul Africii i-au adus bogăția) și politician, Cecil John Rhodes (1853–1902) a fost un fervent susținător al colonialismului. (Rhodesia — actualmente Zambia și Zimbabwe — și-a primit numele în amintirea lui.) Se spune că ar fi declarat: „Toate aceste stele, aceste lumi vaste la care nu avem acces... Dacă aș putea, aș anexa alte planete." (*N. t.*)

satisfacă cerințele impuse de întemeietorul burselor Rhodes mai bine decât Domnul Hubble." Grație acestui sprijin venit din partea unuia dintre cei mai celebri savanți americani, Hubble a primit o bursă Rhodes și a plecat în Anglia în septembrie 1910. Singura nemulțumire a lui Hubble era că, din cauza presiunii paterne, principala lui preocupare la Oxford se presupunea a fi în continuare dreptul.

În cursul celor doi ani petrecuți la Oxford, Hubble a devenit un anglofil desăvârșit, adoptând de la englezi totul, de la gustul vestimentar la accentul aristocratic. Un alt bursier Rhodes, istoricul Warren Ault, a fost neplăcut surprins când l-a întâlnit pe Hubble către sfârșitul ședерii lui în Marea Britanie: „Era îmbrăcat în pantaloni de golf, jachetă Norfolk cu nasturi de piele și o șapcă uriașă. Ținea plin de mândrie un baston și vorbea cu un accent britanic pe care abia îl puteam pricepe. [...] Acești doi ani îl transformaseră într-un englez suspect, la fel de suspect ca accentul lui." Jakob Larsen din Iowa, coleg cu Hubble la Queen's College*, era, la rândul lui, nemulțumit: „Râdeam de efortul lui de a căpăta o pronunție untraenglezească, în vreme ce noi, ceilalți, ne străduiam să ne păstrăm pronunția cu care veniserăm de-acasă. Eram încredințați că până la urmă își va da în petec, așa încât, în loc să facă baie, o să-și ia baia cu sine."**

Șederea lui Hubble în Anglia a fost brusc întreruptă când tatăl lui s-a îmbolnăvit grav și a murit pe 19 ianuarie 1913. A fost silit să se întoarcă acasă, fălindu-se mai departe cu șapca sa oxfordiană și cu simulacrul de accent englezesc, și și-a asumat răspunderea de a purta de grijă mamei și celor patru frați, la suferințele cărora se adăugase și pierderea investițiilor financiare ale familiei. Hubble a lucrat ca profesor în învățământul secundar, iar în primele 18 luni a mai făcut și alte munci, reușind astfel să-și scoată familia la liman. Odată îndeplinită datoria față de familie și eliberat de sub dominația tatălui, Hubble putea acum să-și vadă împlinit visul din copilărie de a deveni astronom. „Astronomia seamănă întrucâtva cu cariera ecleziastică", spunea el. „N-o poți urma dacă nu ai o chemare. În mine această chemare se aude limpede și știu că, chiar dacă n-aș fi cel mai bun, ci al doilea

* Înființat în 1341, Queen's College este unul dintre colegiile care alcătuiesc Universitatea Oxford. (*N. t.*)

** În original, efectul e obținut prin diferența între pronunția cuvântului „baie" (*bath*) în engleza britanică și în cea americană. (*N. t.*)

sau al treilea, doar astronomia contează." A repetat această idee într-o remarcă adresată parcă tatălui defunct: „Prefer de o mie de ori să fiu un astronom de mâna a doua decât un avocat de prima mână."

Hubble a început să recupereze timpul pierdut cu studiile de drept şi a pornit pe un drum lung pentru a deveni astronom profesionist. Graţie relaţiilor din mediul ştiinţific al Universităţii din Chicago, a obţinut un post la Observatorul Yearkes, care adăpostea primul mare telescop construit de Hale. Şi-a încheiat lucrarea de doctorat, o sinteză asupra nebuloaselor, pe care uneori le numea folosind termenul german. *Nebelflecken*.* Hubble ştia că teza lui era o lucrare temeinică, dar nu una inspirată: „Nu adaugă prea mult la suma cunoştinţelor umane. Sper ca într-o bună zi să pot studia natura acestor *Nebelflecken* cu un scop precis."

Pentru a-şi atinge acest obiectiv, Hubble a înţeles că trebuia să obţină un post de cercetător la unul din observatoarele dotate cu cele mai bune telescoape. „Înzestrat cu cele cinci simţuri, omul explorează universul din jurul lui şi numeşte această aventură ştiinţă", spunea el. Simţul esenţial pentru astronomi e văzul, iar cine are acces la cel mai bun telescop vede cel mai departe şi mai limpede. Mount Wilson era prin urmare locul ideal: se mândrea deja cu marele telescop de 60 de ţoli, iar în curând urma să fie gata şi telescopul de 100 de ţoli. Norocul l-a ajutat. Cei de la observatorul californian cunoşteau capacitatea de muncă a lui Hubble şi erau bucuroşi să-l angajeze, aşa încât în noiembrie 1916 i s-a oferit o slujbă la Mount Wilson. Numirea sa a fost însă amânată, căci odată ce America a intrat în Primul Război Mondial, Hubble s-a simţit dator să apere Anglia, ţara pe care o iubea atât de mult. A sosit în Europa prea târziu pentru a mai intra în focul luptelor, dar vreme de patru luni a stat în Germania, făcând parte din trupele americane de ocupaţie. Şi-a amânat întoarcerea în America ca să facă un lung tur prin îndrăgita lui Anglie, iar în cele din urmă a sosit la Observatorul Mount Wilson în toamna lui 1919.

Deşi astronom începător, cu puţină experienţă, Hubble a devenit imediat o figură pregnantă a observatorului. Unul dintre asistenţii săi şi-l amintea pe Hubble făcând fotografii cu telescopul de 60 de ţoli:

---

* Literal: „pete ceţoase". (*N. t.*)

Înalt, viguros, cu pipa în gură, se contura clar pe fundalul cerului. Un vânt tăios făcea să-i fluture trenciul militar şi răspândea scântei din pipa lui în întunericul cupolei. „Vizibilitatea" în acea noapte era extrem de scăzută, conform standardelor noastre de la Mount Wilson, dar, când Hubble s-a întors după ce şi-a developat placa în camera obscură, era triumfător. „Dacă asta e o mostră de vizibilitate scăzută", a spus el, „am să obţin mereu fotografii utile cu instrumentele de la Mount Wilson." Încrederea şi entuziasmul lui din acea noapte erau tipice pentru felul în care aborda toate problemele. Era sigur pe sine — pe ce voia şi pe felul în care putea obţine ce voia.

În privinţa Marii Dispute, Hubble înclina de partea celor care susţineau că nebuloasele erau galaxii independente. Lucrul era cam stânjenitor, fiindcă Mount Wilson era dominat de astronomi pentru care Calea Lactee era singura galaxie, iar nebuloasele se aflau în interiorul ei. În particular, Harlow Shapley, care apărase la Washington teoria unicei galaxii, era în flagrant dezacord cu tânărul nou-sosit, cu vederile şi purtarea lui. Modest şi smerit, Shapley era contrarul absolut al unui om format în stilul aristocraţiei engleze, care umbla îmbrăcat într-o jachetă de tweed şi repeta întruna „Pe Jupiter!" şi „Ca să vezi!". Lui Hubble îi plăcea să se afle în centrul atenţiei. Se amuza să aprindă un chibrit, să-l arunce în aer făcându-l să se rotească cu 360°, să-l prindă apoi cu îndemânare şi să-şi aprindă pipa din lemn de trandafir. Era o vedetă fără cusur, în vreme ce Shapley era exact opusul şi disprețuia asemenea exhibiţionism. Şi, mai rău decât orice pentru Shapley — care protestase vehement împotriva intrării Americii în război —, Hubble se încăpăţâna să umble peste tot în observator îmbrăcat în trenciul lui militar.

Ciocnirea permanentă între cele două personalităţi a luat sfârşit în 1921, când Shapley a părăsit Mount Wilson pentru a deveni directorul Observatorului Harvard. Pentru Shapley era clar o promovare, în parte ca recunoaştere a rolului important jucat în Marea Dispută, rămasă încă în suspensie, dar mutarea pe Coasta de Est s-a dovedit un dezastru. Deşi scăpase de Hubble şi obţinuse prestigiosul post de director, Shapley lăsase în urmă observatorul care avea să domine astronomia vreme de patru decenii. Mount Wilson poseda cele mai puternice telescoape din lume şi era destinat să fie observatorul care va aduce următoarea mare descoperire în astronomie.

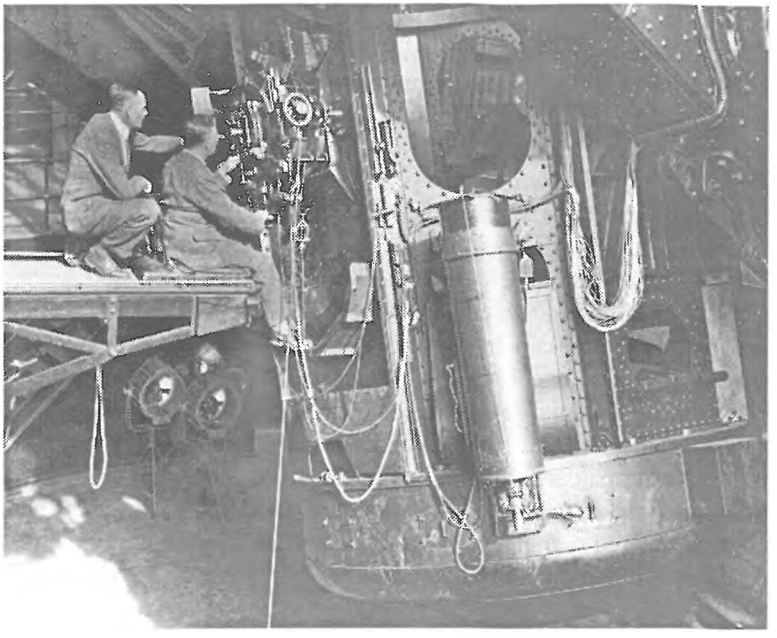


Figura 47 Edwin Hubble (stânga) la telescopul Hooker de 100 de țoli de la Observatorul Mount Wilson. Figura 48 prezintă telescopul în întregime.

Hubble a urcat în ierarhie, căpătând tot mai mult timp de lucru la telescop, în încercarea de a obține cele mai bune fotografii ale nebuloaselor. De fiecare dată când numele său se afla pe lista de programare a observațiilor, urca drumul abrupt și șerpuitor care ducea spre vârful înalt de 1 740 m al lui Mount Wilson, unde petrecea câteva zile în ceea ce pe drept cuvânt se numea „mânăstirea", clădirea unde numai bărbații aveau acces. Acolo trăiau cei ce rupseseră orice legături cu lumea din afară pentru a se dedica exclusiv scrutării spațiului.

Aceasta ar putea crea astronomilor o imagine de oameni meditativi, petrecându-și nopțile în contemplare și extaz, când în realitate munca de observație era una foarte grea. Cerea ore întregi de concentrare intensă, pe măsură ce efectele nesomnului se acumulau în cursul nopții. În plus, la Mount Wilson temperaturile coborau sub zero grade, așa încât reglajele fine ale orientării telescopului erau făcute cu degete înțepenite de frig, iar pleoapele se lipeau pe ocular din cauza

lacrimilor înghețate. În registrul de serviciu era trecut avertismentul: „Dacă sunteți obosiți, vă e frig și somn, nu deplasați telescopul sau cupola fără să reflectați bine înainte.“ Nu puteau reuși decât observatorii cei mai meticuloși și mai hotărâți. Într-o demonstrație de supremă disciplină mentală și fizică, astronomii își puteau stăpâni tremurul, astfel încât echipamentul fotografic să nu vibreze în timp ce capta neprețuitele imagini din cosmos.

În noaptea de 4 octombrie 1923, la patru ani după sosirea sa la Mount Wilson, Hubble efectua observații cu telescopul de 100 de țoli. Condițiile de vizibilitate erau cotate cu calificativul 1, adică la limita inferioară, sub care cupola era închisă, dar el a reușit să obțină o expunere de 40 de minute a lui M31, Nebuloasa Andromeda. După ce a developat și a studiat fotografia la lumina zilei, a descoperit o nouă pată, despre care a presupus că e fie un defect fotografic, fie o novă. În noaptea următoare, ultima din programul său de observații, condițiile erau mult mai bune, iar el a repetat expunerea prelungind-o cu cinci minute, în speranța că va confirma nova. Pata a apărut din nou, de data asta împreună cu alte două posibile nove. A scris pe placă

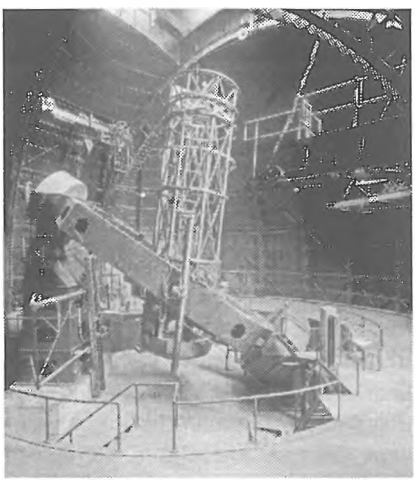


Figura 48 Telescopul Hooker de 100 de țoli de la Observatorul Mount Wilson. În 1923, când Hubble a efectuat observația sa istorică, era cel mai puternic telescop din lume.

un „N" lângă fiecare presupusă nova şi, când timpul său de lucru la telescop s-a încheiat, s-a întors la biroul lui şi la biblioteca cu plăci fotografice de pe strada Santa Barbara din Pasadena.

Hubble ardea de nerăbdare să compare noua fotografie cu fotografii mai vechi ale aceleiaşi nebuloase, pentru a vedea dacă novele sale erau reale. Toate plăcile fotografice ale observatorului erau depozitate într-o galerie subterană protejată împotriva cutremurelor, fiecare imagine fiind catalogată şi clasată, aşa încât erau uşor de găsit plăcile de care avea nevoie. Vestea bună era că două dintre pete erau într-adevăr nove noi. Vestea încă şi mai bună era că cea de-a treia nu era o novă, ci o stea variabilă cefeidă. Această a treia stea fusese înregistrată pe unele plăci mai vechi, dar nu şi pe altele, dovedindu-şi astfel caracterul variabil. Hubble făcuse cea mai mare descoperire din întreaga sa carieră. A tăiat imediat menţiunea „N" şi a scris, triumfător, „VAR!", după cum se vede în figura 49.

Era prima cefeidă identificată într-o nebuloasă. Importanţa descoperiri sale ţinea de faptul că această cefeidă putea fi folosită pentru a măsura distanţa, aşa încât Hubble era acum în stare să măsoare distanţa până la Nebuloasa Andromeda şi să pună astfel capăt Marii Dispute. Erau nebuloasele entităţi din cadrul Căii Lactee sau erau galaxii de sine stătătoare, mult mai îndepărtate? Noua cefeidă se aprindea şi se stingea cu o periodicitate de 31,415 zile, prin urmare Hubble putea folosi rezultatele Henriettei Leavitt pentru a calcula strălucirea absolută a stelei. Cefeida s-a dovedit a fi de 7 000 de ori mai luminoasă decât Soarele. Comparând strălucirea sa absolută cu cea aparentă, Hubble a dedus distanţa până la ea.

Rezultatul a fost uimitor. Steaua variabilă cefeidă, şi prin urmare şi Nebuloasa Andromeda din care făcea parte, se afla la aproximativ 900 000 de ani-lumină de Pământ.

Diametrul Căii Lactee era de circa 100 000 de ani-lumină, deci devenise limpede că Andromeda nu făcea parte din galaxia noastră. Iar dacă Andromeda era atât de departe, trebuia să aibă o strălucire formidabilă, din moment ce era vizibilă cu ochiul liber. Asemenea strălucire implica un sistem conţinând sute de milioane de stele. Nebuloasa Andromeda trebuia să fie o galaxie de sine stătătoare. Marea Dispută se încheiase. Nebuloasa Andromeda devenea acum Galaxia Andromeda, deoarece ea şi majoritatea celorlalte nebuloase erau într-adevăr galaxii separate, la fel de vaste şi de bogate ca propria

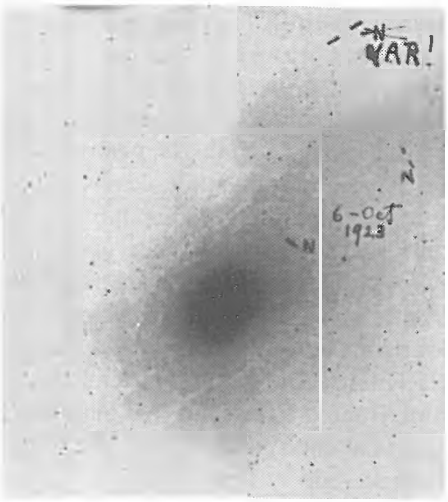


Figura 49 În octombrie 1923, Hubble a identificat trei posibile nove în Nebuloasa Andromeda, fiecare marcate cu un „N". Una dintre aceste nove s-a dovedit a fi o variabilă cefeidă, o stea a cărei strălucire se modifică în timp într-un mod predictibil, aşa încât a tăiat indicaţia „N" şi a scris în locul ei „VAR!". Cefeidele pot fi folosite pentru a măsura distanţa, deci Hubble putea măsura acum distanţa până la Nebuloasa Andromeda şi pune capăt Marii Dispute.

noastră Cale Lactee, şi se aflau departe de graniţele ei. Hubble dovedise că dreptatea era de partea lui Curtis, iar Shapley se înşela.

Distanţa uriaşă până la Andromeda a fost o asemenea surpriză, încât Hubble s-a hotărât să nu publice nimic înainte de a aduna mai multe dovezi. La Mount Wilson era înconjurat de adepţii teoriei unei singure galaxii, iar el se temea că se va face de râs. A dat dovadă de multă răbdare şi stăpânire de sine efectuând noi fotografii ale Andromedei şi descoperind o a doua cefeidă, mai palidă, care i-a confirmat rezultatul iniţial.

În februarie 1924 a rupt în fine tăcerea dezvăluindu-şi rezultatele într-o scrisoarea adresată lui Shapley, purtătorul de cuvânt al teoriei unei singure galaxii. Shapley contribuise la calibrarea scalei distanţelor introdusă de Henrietta Leavitt, iar acum aceasta îi subminase poziţia în Marea Dispută. După ce a citit mesajul lui Hubble, Shapley a spus: „Scrisoarea asta a distrus universul meu."

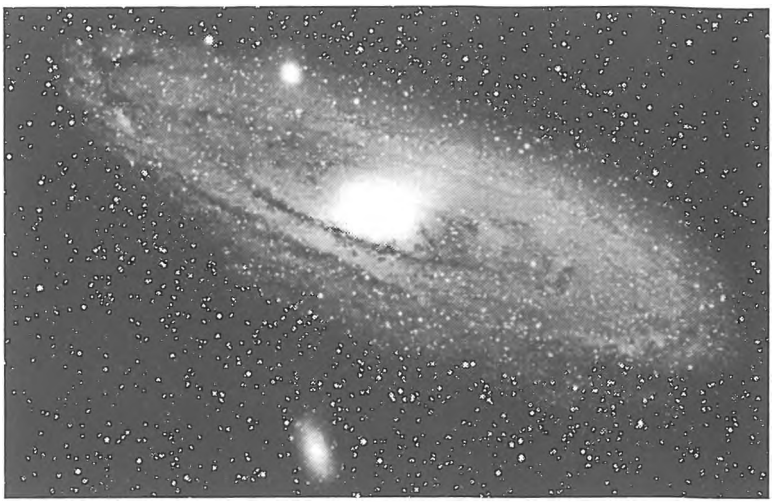


Figura 50 Galaxiile nu mai sunt clasificate în rândul nebuloaselor, prin urmare Nebuloasa Andromeda e cunoscută acum sub numele de Galaxia Andromeda. Această fotografie a fost făcută la Observatorul La Palma în 2000. Ea demonstrează că Andromeda e compusă din milioane de stele și este o galaxie de sine stătătoare.

Shapley a încercat să pună sub semnul întrebării datele lui Hubble, sugerând că stelele cefeide cu perioade mai lungi de 20 de zile nu reprezintă indicatori demni de încredere, deoarece fuseseră studiate foarte puține cefeide cu perioade lungi. El a susținut de asemenea că presupusa variabilitate a stelelor lui Hubble din Andromeda putea fi doar un efect parazit al procesului de developare sau al timpului folosit la expunere. Hubble știa că observațiile lui nu erau perfecte, dar nici o eroare nu putea fi atât de mare încât să aducă Andromeda la loc în Calea Lactee. Hubble avea prin urmare încredere în rezultatul său: Andromeda se afla la aproximativ 900 000 de ani-lumină de Pământ, iar în anii următori va deveni limpede că marea majoritate a celorlalte galaxii se aflau la distanțe încă și mai mari. Excepție fac doar câteva galaxii pitice, cum ar fi Micul Nor al lui Magellan, studiat de Henrietta Leavitt. Azi se știe că acesta e o mică galaxie satelit atașată gravitațional de Calea Lactee și aflată la periferia ei.

Termenul „nebuloasă" fusese inițial folosit pentru orice corp ceresc care apare sub forma unui nor, dar acum nebuloasele au fost rebotezate galaxii. S-a dovedit însă că unele dintre ele nu erau decât nori de gaz și praf din cadrul Căii Lactee, iar termenul „nebuloasă" a început să desemneze numai asemenea nori. Existența acestor nebuloase de gaz și praf, relativ mici și apropiate, nu schimba însă datele problemei: multe din fostele nebuloase, de pildă Andromeda, erau în realitate galaxii de sine stătătoare, aflate departe de granițele Căii Lactee. Întrebarea esențială în Marea Dispută era dacă universul e plin cu asemenea galaxii, iar Hubble dovedise că într-adevăr așa era.

Ce se poate spune însă despre nova descoperită în 1885 în Galaxia Andromeda? Shapley afirmase că strălucirea ei demonstra că Andromeda nu putea fi o galaxie independentă aflată la mare distanță, fiindcă strălucirea novei era neverosimil de intensă. Acum știm că evenimentul din 1885 nu a fost o nová, ci o *supernovă*, eveniment într-adevăr „neverosimil" de strălucitor. Supernova e un cataclism ce are loc la cu totul altă scară decât o nová obișnuită: o singură stea dispare explodând și strălucind pentru scurt timp cu intensitatea a miliarde de stele. Supernovele sunt evenimente rare, iar strălucirea lor nu era cunoscută în 1920, pe vremea când Curtis și Shapley se aflau în dispută.

Ce se întâmplă cu celălalt argument-cheie al lui Shapley? Dacă universul ar fi populat cu galaxii, ele ar trebui să fie vizibile în toate direcțiile. Numai că pot fi văzute o mulțime deasupra planului Căii Lactee și sub ea și foarte puține în planul însuși, numit „zonă de evitare". S-a dovedit că dreptatea era de partea lui Curtis: zona de evitare se datora prafului interstelar din planul Căii Lactee în formă de clătită, obturându-ne astfel perspectiva asupra galaxiilor aflate mai departe. De atunci, telescoapele moderne au putut străpunge praful, iar acum știm că în zona „pustie" sunt la fel de multe galaxii ca în celelalte direcții.

Când au apărut veşti despre descoperirea lui Hubble, colegii lui au salutat succesul de a fi rezolvat una dintre cele mai îndelungate dispute din astronomie. Henry Norris Russell, director al Observatorului Princeton, i-a scris lui Hubble: „E un rezultat minunat și meritați toate onorurile, care vor fi fără îndoială însemnate. Când aveți de gând să faceți o prezentare detaliată?"

Rezultatul lui Hubble a fost anunțat oficial la întrunirea din 1924 a Asociației Americane pentru Progresul Științei, ținută la Washington,

unde Hubble a împărțit premiul de 1 000 de dolari pentru cea mai importantă lucrare cu Lemuel Cleveland, autorul unui studiu despre protozoarele intestinale găsite la termite. Consiliul Societății Americane de Astronomie a trimis o scrisoare în care se subliniau consecințele lucrării lui Hubble: „Ea dezvăluie adâncimi ale spațiului până acum inaccesibile cercetării și vestește progrese încă și mai mari în viitorul apropiat. Între timp, a extins deja de o sută de ori volumul cunoscut al universului material și pare să fi tranșat îndelungata dispută privind natura [nebuloaselor spirale], dovedind că ele sunt uriașe aglomerări de stele, de dimensiuni comparabile cu propria noastră galaxie."

Cu o singură observație, captată pe o singură placă fotografică, Hubble a schimbat perspectiva noastră asupra universului și ne-a obligat să ne reevaluăm locul ocupat în el. Minusculul nostru Pământ părea acum mai insignifiant ca niciodată — doar una din nenumăratele planete, rotindu-se în jurul nenumăratelor stele, aflate în nenumărate galaxii. Într-adevăr, avea să devină limpede mai târziu că galaxia noastră e una dintre miliardele de galaxii, fiecare conținând miliarde de stele. Scara universului era mult mai mare decât se crezuse anterior. Shapley susținuse că toată materia universului era conținută în discul Căii Lactee cu diametrul de 100 000 de ani-lumină, dar Hubble a demonstrat că existau alte galaxii la mai mult de un milion de ani-lumină de Calea Lactee și chiar mai departe.

Astronomii cunoșteau deja uriașul spațiu gol dintre planete și Soare, precum și spațiile mai mari dintre stele, dar acum trebuiau să ia în considerare giganticul pustiu care se întindea între galaxii. Hubble și-a folosit observațiile pentru a calcula că, dacă întreaga materie din stele și planete ar fi răspândită uniform în spațiu, densitatea cosmică medie ar fi de abia un gram într-un volum de o mie de ori mai mare decât cel al Pământului. Această densitate, nu departe de estimările moderne, arată că noi trăim într-o fărâmă foarte bogată a spațiului, aflată într-un univers în genere pustiu. „Nici o planetă, stea sau galaxie nu poate fi tipică, din moment ce cosmosul e în cea mai mare parte gol", spunea astronomul Carl Sagan. „Singurul loc tipic este în vidul universal, imens și rece, noaptea fără de sfârșit a spațiului intergalactic, loc atât de straniu și pustiu încât, prin comparație, planetele, stelele și galaxiile par neverosimil de rare și de frumoase."

Consecințele măsurătorilor lui Hubble au fost cu adevărat senzaționale, iar Hubble însuși a devenit subiect de dezbarteri publice

și articole de ziar. Unul din ziare l-a numit „astronomul titan". A primit de asemenea numeroase premii și distincții, în țară și în străinătate, iar colegii lui n-au întârziat să-l laude. Herbert Turner, profesor de astronomie la Catedra Savilian de la Oxford a spus: „Vor trece ani buni până ca Edwin să-și dea seama de întreaga dimensiune a realizării sale. Un asemenea lucru se întâmplă o dată în viața unui om, iar acela e un om norocos."

Lui Hubble însă îi era scris să mai zguduie o dată astronomia din temelii, de data aceasta cu o observație încă și mai revoluționară, care îi va obliga pe cosmologi să-și revizuiască ideea de univers etern și static. Pentru a ajunge la următoarea sa descoperire, el trebuia să facă apel la un dispozitiv relativ nou ce utiliza din plin puterea telescopului și sensibilitatea fotografiei. Dispozitivul, numit *spectroscop*, va permite astronomilor să culeagă fiecare fărâmă de informație din palida lumină ce ajungea în telescoapele lor uriașe. Era un instrument care-și avea originea în speranțele și ambițiile științei din secolul al XIX-lea.

Lumea în mișcare

În 1842, filozoful francez Auguste Comte încerca să identifice domeniile cunoașterii destinate să rămână pe veci inaccesibile spiritului iscoditor al științei. De pildă, credea că anumite caracteristici ale stelelor nu vor fi niciodată stabilite: „Vedem cum putem determina formele, distanțele, dimesiunile și mișcările lor, dar nu vom ști niciodată nimic despre structura lor chimică sau mineralogică."

Dar, la numai doi ani după moartea lui Comte, când savanții au început să descopere ce tipuri de atomi* există în Soare, steaua cea mai apropiată, s-a dovedit că filozoful francez se înșelase. Pentru a înțelege cum au putut chimiștii desluși chimia stelelor, trebuie să spunem câteva cuvinte despre natura luminii. Există trei aspecte esențiale care se cer lămurite.

---

* Aici, și în continuare, Simon Singh folosește (în mod corect, dar anacronic) termenul de „atomi" spre a desemna ceea ce pentru savanții din epocă erau doar elemente chimice. În realitate, ipoteza atomică a fost deplin acceptată abia la începutul secolului XX. Pentru o prezentare detaliată a impunerii modelului atomic, vezi cartea lui Steven Weinberg, *Descoperirea particulelor subatomice* (Editura Humanitas, 2007). (*N. t.*)

În primul rând, fizicienii privesc lumina ca pe o vibrație a câmpurilor electric și magnetic, motiv pentru care lumina și formele de radiație înrudite poartă numele de *radiație electromagnetică*. În al doilea rând, ne putem închipui radiația electromagnetică sau lumina ca pe o undă. În fine, *lungimea de undă* — distanța dintre două creste (sau văi) succesive ale unei unde luminoase — ne spune aproape tot ce avem nevoie să știm despre o undă luminoasă. În figura 51 sunt prezentate exemple de lungimi de undă.

Lumina este o formă de energie, iar cantitatea de energie transportată de o undă de lumină e invers proporțională cu lungimea de undă. Cu alte cuvinte, cu cât e mai mare lungimea de undă, cu atât e mai mică energia undei luminoase. La nivelul percepției umane, nu cu energia undei avem de-a face; culoarea este trăsătura fundamentală care deosebește o undă luminoasă de alta. Culorile albastru, indigo și violet corespund unor unde luminoase cu lungimi de undă mai scurte și energii mai înalte, în vreme ce portocaliul și roșul corespund unor unde luminoase cu lungimi de undă mai mari și energii mai scăzute. Verdele și galbenul corespund lungimilor de undă și energiilor intermediare.

În particular, lumina violetă are lungimea de undă de aproximativ 0,0004 mm, iar cea roșie are lungimea de undă de aproximativ 0,0007 mm. Există unde cu lungimi de undă mai scurte și mai mari, dar ochiul nostru nu le percepe. Majoritatea oamenilor folosesc cuvântul „lumină" doar pentru acele unde pe care le putem vedea, însă fizicienii folosesc termenul într-un sens mai larg, desemnând orice radiație electromagnetică, vizibilă sau invizibilă ochiului uman. Lumina având o lungime de undă mai scurtă — și energie mai mare — decât lumina violetă include radiația ultravioletă și razele X, în timp ce lumina având o lungime de undă mai mare — și energie mai scăzută — decât lumina roșie include radiația infraroșie și microundele.

Esențial pentru astronomi era faptul că stelele emit unde luminoase, iar ei sperau ca lungimile de undă ale luminii unei stele să le spună ceva despre stea, de pildă temperatura ei. Când un obiect atinge temperatura de 500° C, are suficientă energie pentru a emite lumină vizibilă roșie, fiind literalmente „încins la roșu". Dacă temperatura crește în continuare, obiectul are mai multă energie și emite în proporție mai mare radiație cu lungimi de undă mai scurte, mai albastre,

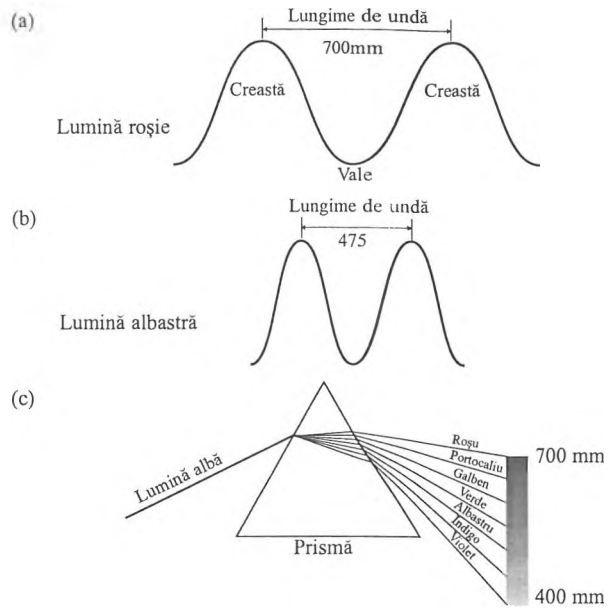


Figura 51 Lumina poate fi reprezentată ca o undă. Lungimea de undă a luminii e distanța dintre două creste (sau văi) succesive şi ne spune aproape tot ce avem nevoie să ştim despre unda luminoasă. În particular, lungimea de undă se leagă de culoarea (şi energia) undei luminoase. Diagrama (a) prezintă lumina roşie, cu lungime de undă mai mare şi energie mai mică. Diagrama (b) prezintă lumina albastră, cu lungime de undă mai mică şi energie mai mare. Lungimea de undă a luminii vizibile e mai mică decât o miime de milimetru, fiind cuprinsă în domeniul 0,0004 mm pentru violet şi 0,0007 mm pentru roşu. De regulă, lungimile de undă se măsoară în nanometri (nm); un nanometru reprezintă a miliarda parte dintr-un metru. Astfel, lumina roşie are o lungime de undă de aproximativ 700 nm. Există unde luminoase cu lungimea de undă mai scurtă decât lumina albastră (de exemplu, radiație ultravioletă, raze X) şi cu lungimea de undă mai mare decât lumina roşie (de exemplu, radiație infraroşie, microunde), dar ele sunt invizibile pentru ochiul uman.

Un fascicul de lumină albă e un amestec de culori şi lungimi de undă, ceea ce se poate vedea la trecerea lui printr-o prismă de sticlă: fasciculul e despicat într-un curcubeu, după cum arată diagrama (c). Aceasta se întâmplă pentru că fiecare lungime de undă se comportă diferit. În particular, fiecare lungime de undă e deviată sub un unghi diferit când intră şi când iese din sticlă.

şi tinde să devină „încins la alb", fiindcă emite acum o gamă largă de lungimi de undă de la roşu la albastru. Filamentul unui bec obişnuit ajunge la aproximativ 3 000° C, ceea explică lumina albă. Prin estimarea proporţiilor diferitelor lungimi de undă din lumina emisă de o stea, astronomii au înţeles că pot estima temperatura ei. Figura 52 prezintă distribuţia lungimilor de undă emise de o stea pentru diferite temperaturi ale suprafeţei stelei.

În afară de măsurarea temperaturii stelei, astronomii au găsit o metodă de a analiza lumina stelei pentru a identifica ingredienţii ei. Tehnica folosită se bazează pe cercetări datând încă din 1752, când fizicianul scoţian Thomas Melvill a făcut o observaţie ciudată. A ţinut diferite substanţe deasupra unei flăcări şi a constatat că fiecare produce o culoare caracteristică. De exemplu, sarea de bucătărie dădea o lumină portocalie. Puteţi observa cu uşurinţă amprenta portocalie a sării presărând o cantitate mică deasupra unei flăcări de aragaz.

Culoarea distinctă asociată cu sarea poate fi înţeleasă pornind de la structura ei la nivel atomic. În chimie, sarea poartă numele de clorură de sodiu, iar lumina portocalie e produsă de atomii de sodiu din cristalele de clorură de sodiu. Acesta explică şi de ce lămpile de iluminat cu sodiu dau o lumină portocalie. Trecând printr-o prismă un fascicul de lumină emis de sodiu, pot fi analizate cu precizie ce lungimi de undă sunt emise, iar cele două emisii dominante sunt în regiunea portocalie a spectrului, după cum se vede în figura 53.

Fiecare tip de atom emite anumite lungimi de undă (sau culori), în funcţie de structura sa atomică particulară. Lungimile de undă emise şi de alte elemente în afară de sodiu sunt prezentate în figura 53. Neonul emite lungimi de undă care se află la capătul roşu al spectrului, lucru de aşteptat ţinând cont de lumina tuburilor cu neon. Pe de altă parte, mercurul emite câteva lungimi de undă mai albastre, ceea ce explică culoarea albastră a iluminării cu mercur. Alături de cei care se ocupă cu sisteme de iluminat, producătorii de artificii sunt şi ei interesaţi de lungimile de undă emise de diferite substanţe şi le folosesc pentru a crea efectele dorite. De pildă, artificiile conţinând bariu emit lumină verde, iar cele care conţin stronţiu lumină roşie.

Lungimile de undă emise de fiecare atom sunt ca o amprentă. Prin urmare, studiind lungimile de undă emise de o substanţă încălzită, putem identifica atomii din acea substanţă. Al şaselea spectru din figura 53 aparţine unui gaz fierbinte necunoscut, dar prin comparaţie cu celelalte spectre putem vedea că gazul conţine heliu şi sodiu.

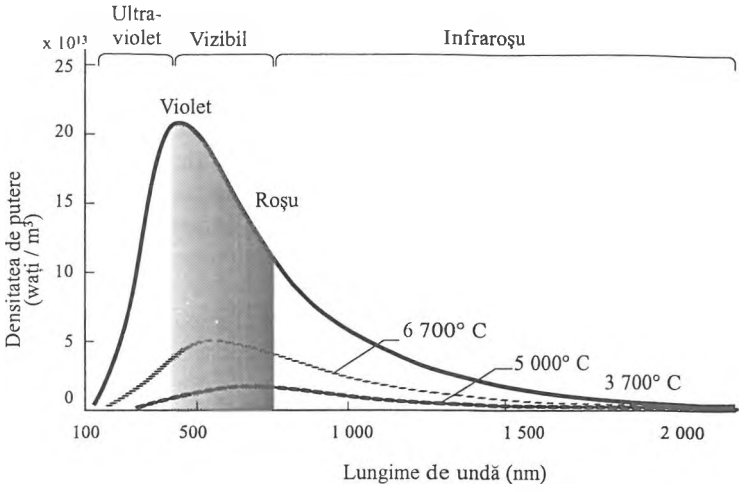


Figura 52 Graficul prezintă lungimile de undă emise de trei stele având diferite temperaturi la suprafaţa lor. Curba îngroşată reprezintă distribuţia lungimilor de undă emise de o stea a cărei suprafaţă are temperatura de 6 700° C. Distribuţia are un maximum în zona lungimilor de undă albastru-violet, dar steaua emite şi alte culori din spectrul vizibil. Steaua emite de asemenea o fracţiune însemnată de radiaţie infraroşie şi ultravioletă, lungimi de undă care sunt mai mari, respectiv mai mici, decât cele vizibile. Curba întreruptă de la mijloc reprezintă distribuţia lungimilor de undă emise de o stea având o suprafaţă mai rece, de 5 000° C. Are un maximum la lungimi de undă mai mari, în centrul regiunii vizibile, aşa încât steaua emite un amestec relativ omogen de culori. Curba punctată de jos reprezintă distribuţia lungimilor de undă emise de o stea şi mai rece (3 700° C). Maximumul distribuţiei este la lungimi de undă şi mai mari, ceea ce înseamnă că emite o cantitate semnificativă de lumină roşie şi o mare cantitate de radiaţie infraroşie invizibilă. Steaua apare de culoare portocaliu-roşiatică.
Studiind domeniul lungimilor de undă emise de o stea, un astronom de pe Pământ poate deduce temperatura stelei. Pe scurt, cu cât steaua e mai rece, cu atât are o tendinţă mai pronunţată de a emite lungimi de undă mari, iar steaua apare mai roşie. Invers, cu cât steaua e mai fierbinte, cu atât are o tendinţă mai pronunţată de a emite lungimi de undă scurte, iar steaua apare mai albastră.

Această știință a atomilor, luminii, lungimilor de undă și culorilor poartă numele de *spectroscopie*. Procesul prin care o substanță emite lumină se numește *emisie* spectroscopică. Există și un proces invers, *absorbția* spectroscopică: anumite lungimi de undă sunt absorbite de un atom. Prin urmare, dacă un întreg domeniu de lungimi de undă e orientat spre o sare vaporizată, cea mai mare parte a luminii va trece neafectată, dar câteva lungimi de undă vor fi absorbite de atomii de sodiu din sare, după cum se vede în figura 54. Lungimile de undă absorbite de sodiu sunt exact aceleași cu lungimile de undă emise, iar această simetrie între absorbție și emisie este valabilă pentru toți atomii.

De fapt, nu emisia, ci absorbția a atras atenția astronomilor, care au adus spectroscopia din laboratoarele de chimie în observatoarele lor. Ei și-au dat seama că absorbția ar putea oferi indicii cu privire

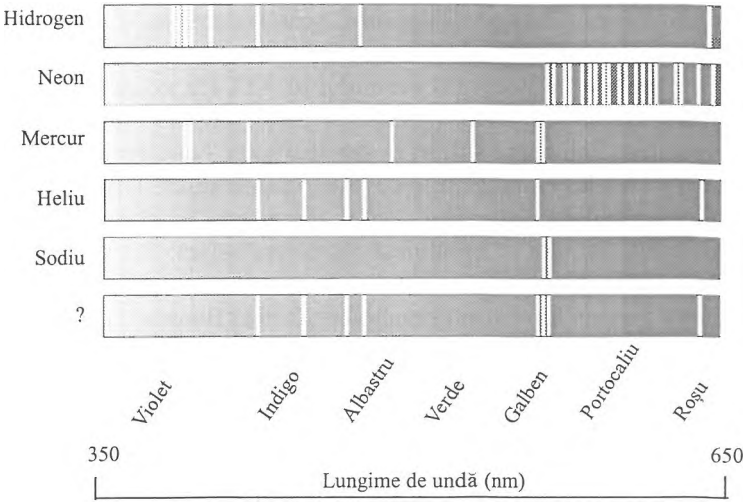


Figura 53 Principala lumină vizibilă emisă de sodiu e prezentată în al cincilea spectru. Există două lungimi de undă dominante, la aproximativ 0,000589 mm (589 nm), corespunzând culorii portocalii. Această diagramă este o amprentă a sodiului. Fiecare atom are propria sa amprentă, după cum se vede în diferitele diagrame. Atomul poate avea o amprentă ușor diferită, în funcție de condițiile în care se află, de pildă o presiune ridicată. Diagrama de jos corespunde unui gaz necunoscut. Din comparația cu celelalte diagrame, devine limpede că gazul conține heliu și sodiu.

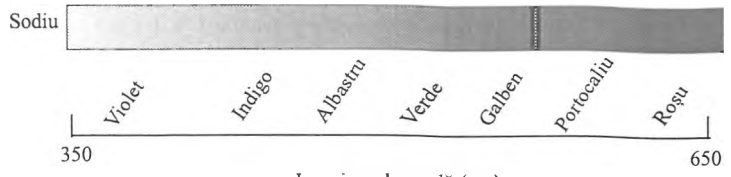


Figura 54 Absorbția spectroscopică este procesul invers emisiei spectroscopice. Diagrama de absorbție pentru sodiu e identică cu cea din figura 53, cu deosebirea că liniile sunt negre pe fond gri, și nu albe pe fond gri, deoarece vedem toate lungimile de undă, cu excepția celor două absorbite de sodiu.

la compoziția stelelor, începând cu Soarele. Figura 55 arată cum lumina Soarelui poate trece printr-o prismă, așa încât spectrul complet al lungimilor de undă să poată fi studiat. Soarele e suficient de fierbinte pentru a emite lungimi de undă în întregul spectru al luminii vizibile, dar fizicienii de la începutul secolului al XIX-lea au observat că anumite lungimi de undă lipseau. Acestor lungimi de undă le corespundeau linii negre subțiri în spectrul solar. Nu a trecut mult și savanții au înțeles că lungimile de undă lipsă fuseseră absorbite de atomii din atmosfera Soarelui. Astfel, ele puteau fi folosite pentru identificarea atomilor ce alcătuiesc atmosfera solară.

Deși multe din problemele fundamentale fuseseră lămurite de opticianul german Josef von Fraunhofer*, Robert Bunsen** și Gustav Kirchhoff*** sunt cei care au făcut descoperirea crucială în jurul anului 1859. Ei au construit împreună un *spectroscop*, instrument

---

* Josef von Fraunhofer (1787–1826) este cel care a inventat spectroscopul, în 1814. El a descoperit liniile întuncate din spectrul solar, dar abia Kirchhoff și Bunsen le-au interpretat ca reprezentând absobția unor lungimi de undă. Este considerat părintele spectroscopiei stelare. Lui i se datorează în mare parte și supremația germană în optică, dar, ca mulți alți opticieni, a murit tânăr din cauza vaporilor toxici ai metalelor grele folosite în prelucrarea sticlei. (*N. t.*)

** Chimistul german Robert Wilhelm Bunsen (1811–1899) a perfecționat arzătorul (azi poartă numele de lampă Bunsen) cu care substanțele sunt aduse la incandescență pentru a emite radiație și a fi analizate spectroscopic. (*N. t.*)

*** Gustav Kirchhoff (1824–1887) a fost unul dintre marii fizicieni ai secolului al XIX-lea. În afară de contribuțiile sale în spectroscopie (radiația corpului negru), el este cel care a formulat legile circuitelor electrice. (*N. t.*)

destinat a măsura cu precizie lungimile de undă ale luminii emise de un corp. L-au folosit pentru a analiza lumina solară şi au identificat două dintre lungimile de undă lipsă ca fiind asociate cu sodiul, iar de aici au tras concluzia că în atmosfera Soarelui trebuie să existe sodiu.

„În prezent, Kirchhoff şi cu mine suntem angajaţi într-o muncă de cercetare care nu ne mai lasă să dormim", scria Bunsen. „Kirchhoff a făcut o descoperire minunată, cu totul neaşteptată, prin care explică liniile întunecate din spectrul solar [...] a fost găsit astfel un mijloc de a determina compoziţia Soarelui şi a stelelor fixe cu aceeaşi precizie cu care punem în evidenţă acidul sulfuric, clorul etc. folosind reactivii noştri chimici." Afirmaţia lui Comte că oamenii nu vor identifica niciodată constituenţii stelelor se dovedea astfel eronată.

Kirchhoff a continuat să caute în atmosfera Soarelui prezenţa altor materiale, cum ar fi metalele grele. Bancherul lui însă n-a fost prea

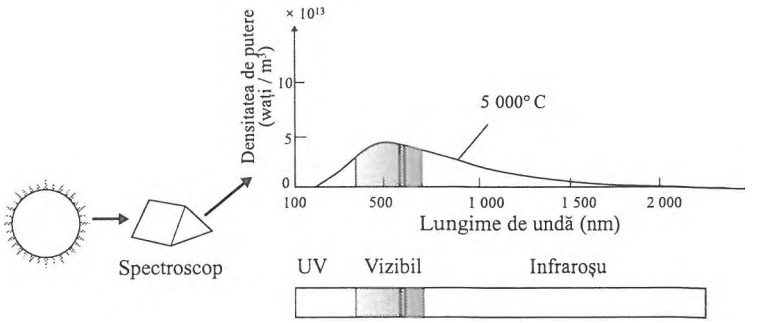


Figura 55 Soarele e suficient de fierbinte pentru a emite spectrul complet al lungimilor de undă vizibile, de la roşu la violet, precum şi ultraviolet şi infraroşu. Lumina Soarelui poate fi studiată trecând-o printr-un spectroscop, care conţine o prismă sau un alt dispozitiv ce separă lumina în lungimile de undă constituente. Graficul prezintă distribuţia lungimilor de undă care ne-am aştepta să fie emise de un corp având temperatura Soarelui, dar două lungimi de undă sunt absente. Ele corespund absorbţiei de către sodiu. Diagrama lungimilor de undă de sub grafic reproduce felul în care liniile de absorbţie apar de regulă pe plăcile fotografice ale astronomilor, abstracţie făcând de faptul că măsurătorile pot da rezultate mai puţin nete. În realitate, studiile amănunţite ale luminii solare au dezvăluit sute de lungimi de undă lipsă în spectrul solar. Acestea fuseseră absorbite de diferiţi atomi din atmosfera Soarelui, iar prin măsurarea lungimilor de undă ale liniilor întunecate de absorbţie puteau fi identificaţi atomii aflaţi în compoziţia Soarelui.

impresionat şi l-a întrebat: „La ce foloseşte aurul din Soare, dacă nu-l poţi aduce pe Pământ?“ Cu mulţi ani mai târziu, după ce a primit o medalie de aur pentru cercetările sale, Kirchhoff s-a dus triumfător la bancherul său mărginit şi i-a zis: „Iată aurul din Soare.“

Tehnica spectroscopiei stelare era atât de puternică încât în 1868 englezul Norman Lockyer şi francezul Jules Janssen au descoperit, independent unul de altul, un element în Soare, înainte ca acesta să fie descoperit pe Pământ. Ei au identificat în lumina solară o linie de absorbţie care nu se potrivea cu nici un atom cunoscut, aşa încât Lockyer şi Janssen au considerat că au dovada existenţei unui tip complet nou de atom. El a fost numit heliu, după Helios, zeul Soarelui din mitologia greacă. Deşi heliul reprezintă un sfert din masa Soarelui, pe Pământ el este foarte rar şi aveau să mai treacă douăzeci şi cinci de ani până să fie detectat aici, iar Lockyer să fie înălţat la rangul de cavaler.

William Huggins a fost un alt savant care şi-a dat seama de forţa spectroscopiei. În tinereţe fusese obligat să se ocupe de magazinul de stofe moştenit de la tatăl său, dar după un timp s-a hotărât să vândă afacerea de familie şi să-şi urmeze visul ştiinţific, folosind banii pentru

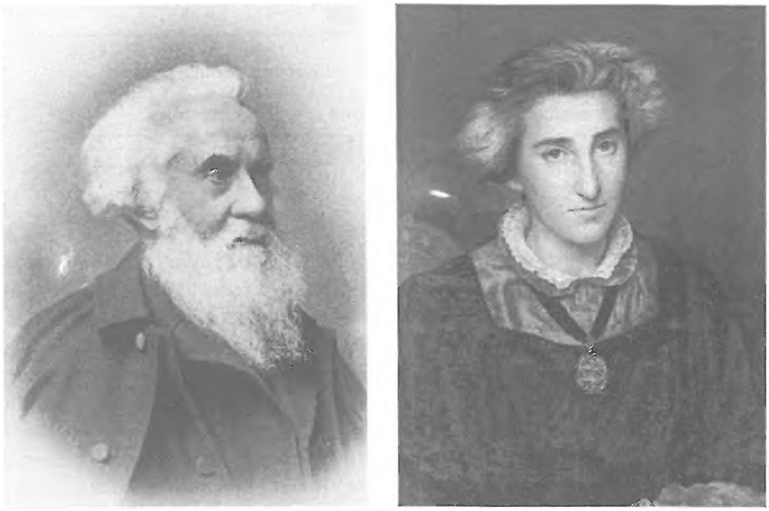


Figura 56 Domnul şi doamna Huggins, primii care au folosit spectroscopia în astronomie pentru a măsura viteza stelelor.

a pune la punct un observator la Upper Tulse Hill, acum suburbie a Londrei. Când a aflat despre descoperirile spectroscopice ale lui Bunsen și Kirchhoff, Huggins a fost cuprins de entuziasm: „Această veste a avut asupra mea efectul apariției unui izvor de apă într-un ținut arid și însetat."

În cursul anilor 1860, el a aplicat spectroscopia stelelor din afara sistemului solar și a confirmat faptul că ele conțin aceleași elemente care există și pe Pământ. De pildă, a văzut că în spectrul stelei Betelgeuse apăreau liniile negre corespunzând absorbției unor atomi cum ar fi cei de sodiu, magneziu, calciu, fier și bismut. Filozofii antici susțineau că stelele sunt alcătuite din *chintesență*, al cincilea element care se adăuga celor patru elemente terestre (aerul, pământul, focul și apa), dar Huggins izbutise să arate că Betelgeuse, și probabil întreg universul, se compunea din aceleași materiale cu cele întâlnite pe Pământ. Huggins a tras concluzia: „Una din întrebările importante care au făcut obiectul acestei cercetări spectroscopice asupra luminii provenite de la stele și de la alte corpuri cerești, și anume dacă aceleași elemente chimice care se găsesc pe Pământ sunt prezente pretutindeni în univers, a primit răspunsul afirmativ; s-a dovedit că o chimie comună există pretutindeni în univers."

Huggins a continuat să cerceteze stelele întreaga sa viață, avându-i alături pe soția sa Margaret și pe câinele Kepler. Margaret Huggins, cu douăzeci și patru de ani mai tânără, era ea însăși un astronom înzestrat. Ajuns la optzeci și patru de ani, spre sfârșitul carierei lui de astronom, William s-a bazat pe soția sa ageră de șaizeci de ani, care se cățăra până la telescop și făcea reglajele necesare. „Astronomii au nevoie de articulații perfecte și vertebre din cauciuc indian", spunea ea. Împreună, domnul și doamna Huggins au pus la punct o aplicație cu totul nouă a spectroscopiei care avea să transforme perspectiva noastră asupra universului. În plus față de determinarea ingredienților unei stele, ei au demonstrat că spectroscopia poate fi folosită pentru a măsura viteza stelei.

Urmându-l pe Galilei, astronomii presupuneau că stelele sunt staționare. Deși toate stelele se mișcă de-a lungul cerului în fiecare noapte, astronomii și-au dat seama că această mișcare aparentă era provocată de rotația Pământului. În particular, ei credeau că pozițiile relative ale stelelor în raport cu o altă stea rămâneau aceleași. Lucrul acesta s-a

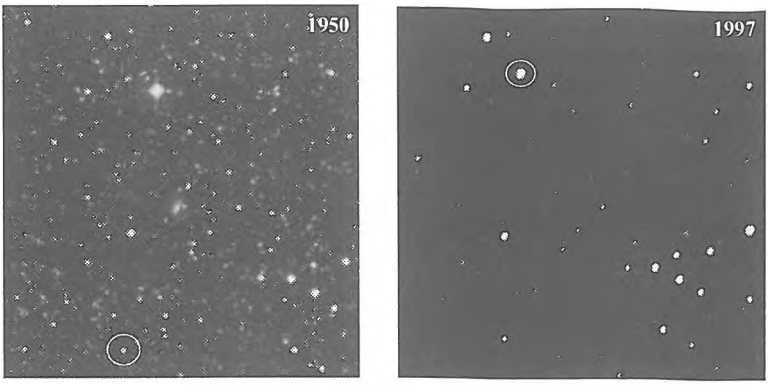


Figura 57 Steaua Barnard (încercuită) este a doua stea ca apropiere de sistemul nostru solar şi posedă cea mai mare mişcare proprie. Se deplasează de-a lungul cerului cu zece secunde arc în fiecare an. Aceste fotografii au fost făcute la un interval de aproape o jumătate de secol şi arată că steaua s-a deplasat semnificativ în raport cu celelalte stele. Pentru a aprecia distanţa, stelele din colţul dreapta-jos care alcătuiesc un model în formă de < sunt un reper util.

dovedit fals, după cum a arătat în 1718 astronomul englez Edmond Halley.* Chiar ţinând cont de mişcarea Pământului, el a observat mici diferenţe în poziţiile înregistrate ale stelelor Sirius, Arcturus şi Procyon în comparaţie cu măsurătorile făcute de Ptolemeu cu multe secole în urmă.

Cu instrumente de măsură mult mai precise şi telescoape mult mai puternice, astronomii au putut detecta aşa-numita *mişcare proprie* a fiecărei stele, dar schimbarea poziţiei stelelor e treptată şi atât de lentă, încât până şi astronomii zilelor noastre abia reuşesc s-o detecteze. În general, pentru a pune în evidenţă mişcarea proprie, era nevoie de observaţii atente ale celor mai apropiate stele în decursul mai multor ani, după cum se vede în figura 57. Cu alte cuvinte, chiar şi pentru

* Astronomul şi matematicianul englez Edmond Halley (1656–1742) a fost al doilea Astronom Regal, după John Flamsteed. S-a bazat pe metodele astronomiei istorice. De pildă, ştiind că în 1456, 1531, 1607 şi 1682 au fost consemnate observaţii ale unei comete, a dedus că era vorba despre una şi aceeaşi cometă şi a prevăzut că ea va apărea din nou în 1758. De la adeverirea previziunii sale, cometa îi poartă numele. (*N. t.*)

stelele din imediata vecinătate era extrem de greu de măsurat mişcarea proprie. Altă limitare în studiul mişcării proprii ţinea de faptul că ea nu reprezenta decât mişcarea de-a lungul firmamentului, fără a ne spune nimic despre apropierea sau depărtarea de Pământ, cunoscută sub numele de *viteză radială*. Una peste alta, detectarea mişcării proprii oferea doar informaţii parţiale privind vitezele stelelor.

William Huggins a înţeles însă că putea folosi spectroscopia pentru a înlătura cele două neajunsuri în măsurarea mişcării proprii. Cu noua sa tehnică spectroscopică era în stare să determine cu precizie viteza radială a oricărei stele, chiar şi a celor mai îndepărtate. Ideea lui se baza pe asocierea spectroscopului cu un efect descoperit de savantul austriac Christian Doppler.

În 1842, Doppler a afirmat că mişcarea unui corp afectează toate undele pe care el le-ar emite, fie că e vorba de unde pe suprafaţa apei, unde sonore sau unde luminoase. Pentru a da o ilustrare simplă a acestui *efect Doppler*, să ne închipuim o broscuţă aflată în repaus pe o frunză de nufăr, lovind apa cu piciorul la fiecare secundă şi generând astfel o serie de unde care se află la 1 metru distanţă unele de altele şi se deplasează cu 1 m/s, după cum se vede în figura 58. Dacă privim de sus şi dacă frunza de nufăr nu se mişcă, vedem cum crestele undelor formează o serie de inele simetrice concentrice — figura 58, coloana (a). Pentru observatorii de pe ambele maluri, undele sosesc la 1 metru distanţă una de alta.

Lucrurile se schimbă însă dacă broscuţa se mişcă — figura 58, coloana (b). Închipuiţi-vă că frunza de nufăr se deplasează spre malul drept cu viteza de 0,5 m/s, broscuţa continuă să genereze o undă pe secundă şi undele se propagă pe suprafaţa apei tot cu 1 m/s. De data asta undele din direcţia deplasării broscuţei se înghesuie, iar în direcţia opusă distanţa dintre unde creşte. Un observator de pe malul drept vede undele sosind la doar 0,5 metri distanţă, în timp ce observatorul de pe malul stâng constată că distanţa dintre unde este de 1,5 metri. Pentru unul din observatori lungimea de undă scade, pentru celălalt lungimea de undă creşte. Acesta este efectul Doppler.

În concluzie, dacă un obiect care emite unde se apropie de un observator, acesta percepe o scădere a lungimii de undă, în timp ce, dacă emiţătorul se îndepărtează, observatorul percepe o creştere a lungimii de undă. Invers, dacă emiţătorul e staţionar, iar observatorul se deplasează, apar aceleaşi efecte.

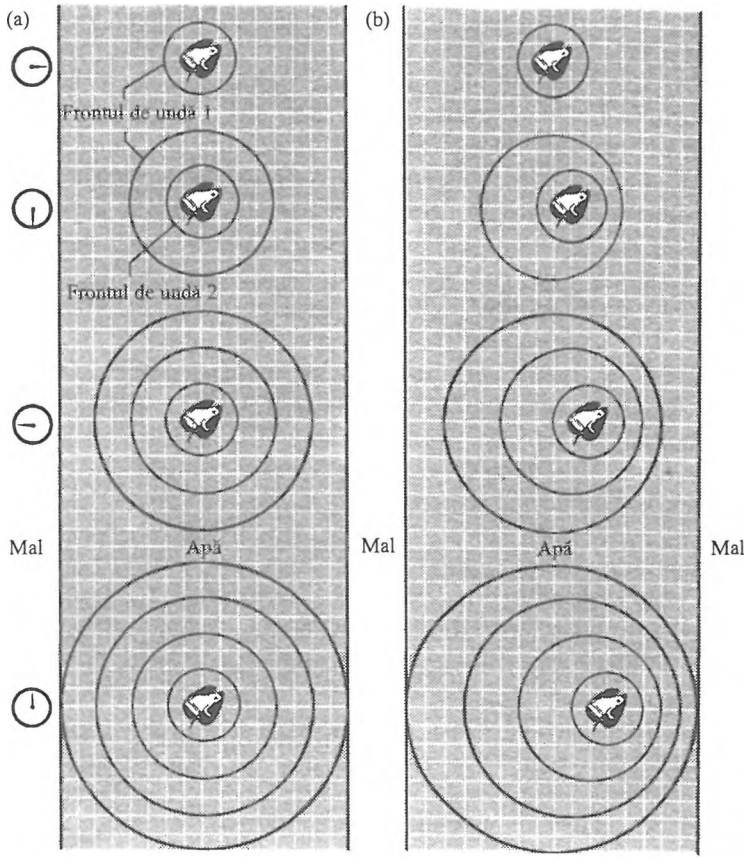


Figura 58 O broscuță așezată pe o frunză de nufăr emite în fiecare secundă unde pe suprafața apei, iar distanța dintre unde este de 1 metru. Când broscuța e în repaus (coloana (a)), observatorii de pe ambele maluri văd undele sosind la 1 metru distanță. Dacă însă broscuța se deplasează spre malul drept cu viteza constantă de 0,5 m/s (coloana (b)), observatorii văd două efecte diferite. În direcția de deplasare a broscuței undele se înghesuie, iar în direcția opusă se distanțează. Aceasta e o consecință a apropierii sau depărtării broscuței de frontul de undă în momentul emiterii următoarei unde — și e un exemplu de efect Doppler la undele de pe suprafața apei.

Efectul Doppler a fost testat pentru undele sonore în 1848 de meteorologul olandez Christoph Buys-Ballot, care încerca de fapt să demonstreze inexistența lui. Buys-Ballot a alcătuit două grupuri de trompetiști pe care i-a pus să emită nota mi bemol. Un grup se afla în vagonul deschis al unui tren de pe linia de cale ferată Utrecht–Maarsen, iar al doilea grup stătea pe peron. Când ambele grupuri erau în repaus, notele sunau la fel, dar, când vagonul se apropia, o ureche muzicală putea sesiza că nota devenea mai înaltă, iar înălțimea ei creștea pe măsură ce viteza trenului sporea. Când vagonul se îndepărta, nota devenea mai joasă. Această modificare a înălțimii sunetului e asociată cu modificarea lungimii de undă a undelor sonore.

În zilele noastre putem sesiza același efect la sirena unei ambulanțe, care emite sunete mai ascuțite (lungime de undă mai mică) atunci când ambulanța se apropie și sunete mai joase (lungime de undă mai mare) când se îndepărtează. Trecerea de la un sunet mai înalt la unul mai jos e ușor de perceput în momentul în care ambulanța trece chiar prin dreptul nostru. Datorită vitezelor ridicate pe care le ating, la mașinile de formula 1 efectul Doppler e și mai frapant — motorul scoate un „iiiia-uuuu" caracteristic, începând cu un sunet înalt și sfârșind cu unul jos.

Modificarea lungimii de undă (sau a înălțimii sunetului) e dată de ecuația stabilită de Doppler. Lungimea de undă recepționată (λ_r) depinde de lungimea de undă emisă inițial (λ) și de raportul dintre viteza emițătorului (v_e) și viteza undei (v_u). Dacă emițătorul se deplasează spre observator, v_e este considerată pozitivă, iar dacă se îndepărtează de observator este negativă:

$$\lambda_r = \lambda \times \left(1 - \frac{v_e}{v_u}\right)$$

Putem calcula acum modificarea lungimii de undă în cazul sirenei unei ambulanțe care trece pe lângă noi. Viteza undelor sonore (v_u) este de aproximativ 1 000 km/h, iar viteza ambulanței ar putea fi de 100 km/h, ceea ce înseamnă că lungimea de undă crește sau scade cu 10 %, în funcție de direcția în care se deplasează ambulanța.

Un calcul asemănător ne dă modificarea lungimii de undă a luminii albastre a ambulanței. De data aceasta, undele călătoresc cu viteza luminii, deci v_u este aproximativ 300 000 km/s, adică 1 000 000 000 km/h, iar viteza ambulanței (v_e) este tot 100 km/h. Prin urmare, lungimea de undă se modifică cu 0,00001 %. Această deplasare a

lungimii de undă (culoare) este insesizabilă pentru ochiul uman. În viața de zi cu zi nu percepem nici o deplasare Doppler legată de lumină, fiindcă până și cele mai rapide vehicule sunt foarte lente în comparație cu viteza luminii. Doppler a prezis însă că o deplasare Doppler optică ar trebui să fie detectată dacă emițătorul s-ar mișca suficient de repede, iar echipamentul de detecție ar fi suficient de sensibil.

În 1868, William și Margaret Huggins au reușit într-adevăr să detecteze o deplasare Doppler în spectrul stelei Sirius. Liniile de absorbție ale lui Sirius erau aproape identice cu cele din spectrul Soarelui, cu deosebirea că lungimea de undă a fiecărei linii era cu 0,015 % mai mare. Aceasta se datora probabil faptului că Sirius se îndepărta de Pământ. Vă amintiți că îndepărtarea emițătorului de observator duce la creșterea lungimii de undă a luminii. Creșterea lungimii de undă e de regulă numită *deplasare spre roșu*, deoarece roșul se află la capătul spectrului vizibil corespunzând lungimilor de undă maxime. În mod asemănător, creșterea lungimii de undă provocată de apropierea emițătorului se numește *deplasare spre albastru*. În figura 59 sunt prezentate cele două tipuri de deplasări.

Deși ecuația lui Doppler avea să fie mai târziu modificată în conformitate cu teoria relativității, versiunea ei din secolul al XIX-lea era mulțumitoare pentru scopurile lui Huggins, iar astfel el a putut calcula viteza cu care Sirius se îndepărta de Pământ. El măsurase o creștere cu 0,015 % a lungimilor de undă provenind de la Sirius, așa încât relația dintre lungimea de undă recepționată și cea standard era $\lambda_r = \lambda \times 1{,}00015$. El știa de asemenea că viteza undelor era egală cu viteza luminii, deci v_u era 300 000 km/s. Introducând în ecuație aceste valori, Huggins a arătat că Sirius se îndepărta cu viteza de 45 km/s:

Știm că $\lambda_r = \lambda \times \left(1 \frac{v_e}{v_u}\right)$ și că $\lambda_r = \lambda \times 1{,}00015$

Așa încât, $1{,}00015 = \left(1 - \frac{v_e}{v_w}\right)$

$$v_e = -0{,}00015 \times v_u$$
$$= -0{,}00015 \times 300\,000 \text{ km/s}$$
$$= -45 \text{ km/s}$$

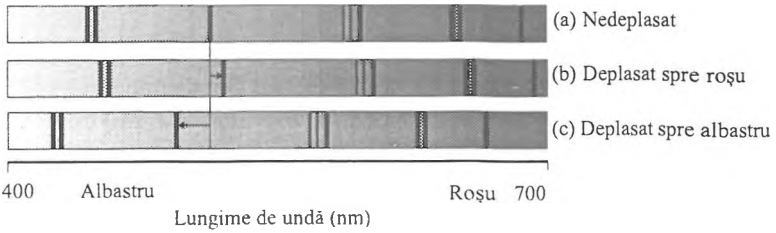


Figura 59 Cele trei spectre arată cum depinde lumina emisă de o stea de mişcarea radială a stelei. Spectrul (a) prezintă lungimile de undă ale unor linii de absorbţie provenind de la o stea (de pildă, Soarele) care nici nu se apropie, nici nu se îndepărtează de Pământ. Spectrul (b) prezintă liniile de absorbţie deplasate spre roşu ale unei stele care se îndepărtează de Pământ — liniile sunt identice, dar toate sunt deplasate spre dreapta. Spectrul (c) prezintă liniile de absorbţie deplasate spre albastru ale unei stele care se îndreaptă spre Pământ — liniile sunt din nou identice, însă de data asta toate sunt deplasate spre stânga. Steaua cu deplasare spre albastru se apropie de noi mai repede decât se îndepărtează steaua cu deplasare spre roşu, deoarece deplasarea spre albastru e mai mare decât deplasarea spre roşu.

William Huggins, fostul negustor de haine care îşi urmase vocaţia de astronom, dovedise că putea măsura vitezele stelelor; fiecare stea conţinea elemente obişnuite, întâlnite şi pe Pământ (de pildă, sodiu), care emiteau lungimi de undă standard, dar ele sufereau o deplasare Doppler provocată de viteza radială a stelei. Măsurând aceste deplasări, se putea deci calcula viteza stelei. Metoda avea un potenţial uriaş fiindcă orice stea sau nebuloasă vizibilă putea fi analizată cu un spectroscop, i se putea măsura deplasarea Doppler şi determina viteza. În plus faţă de mişcarea proprie a stelei de-a lungul cerului, era posibil acum să i se măsoare şi viteza radială cu care se apropia sau se îndepărta de Pământ.

Folosirea deplasării Doppler la măsurarea vitezelor e o tehnică puţin cunoscută marelui public, dar funcţionează foarte bine. E atât de eficientă încât unele departamente de poliţie apelează la ea pentru identificarea vitezomanilor. Poliţistul lansează un puls de unde radio (acelaşi tip de unde ca lumina, dar aflate în afara spectrului vizibil) către maşina care se apropie, iar apoi recepţionează unda reflectată de maşină. Pulsul care se întoarce e emis de un obiect în mişcare (maşina), aşa încât lungimea ei de undă e deplasată cu o cantitate ce depinde de viteza

mașinii: cu cât viteza e mai mare, cu atât deplasarea e mai mare — iar amenda mai substanțială.

Există o anecdotă despre un astronom care, îndreptându-se cu mașina spre observator, a încercat să folosească efectul Doppler pentru a scăpa de amendă. Fiind prins că trecuse pe roșu, astronomul a spus că atunci când se apropiase de semafor, din pricina deplasării spre albastru, lumina roșie i se păruse verde. Polițistul și-a cerut scuze, a anulat amenda pentru trecerea pe roșu și i-a dat o amendă dublă pentru depășirea vitezei. Ca să ajungă la o deplasare atât de mare a lungimii de undă, astronomul trebuia să fi condus cu aproximativ 200 000 000 km/h.

Pe la începutul secolului XX, tehnica spectroscopică ajunsese la maturitate și putea fi cuplată cu noile telescoape gigant și cu cele mai sensibile plăci fotografice. Această tripletă tehnologică oferea astronomilor ocazia fără precedent de a explora alcătuirea stelelor și vitezele lor. Identificând numeroasele lungimi de undă ce lipseau din spectrul unei anume stele, astronomii puteau stabili ingredientele ei, care s-au dovedit a fi în principal hidrogen și heliu. Apoi, măsurând deplasarea acestor linii, astronomii au văzut că unele stele se apropiau, iar altele se îndepărtau de Pământ, cu viteze cuprinse între câțiva kilometri pe secundă și 50 km/s. Pentru comparație, dacă un avion ar zbura cu viteza celei mai rapide stele, el ar traversa Atlanticul în două minute.

În 1912, un fost diplomat convertit la astronomie a extins măsurarea vitezelor către corpurile cerești încă misterioase. Vesto Slipher a fost primul astronom care a izbutit să măsoare deplasarea Doppler a unei nebuloase. El a folosit telescopul Clarke, un telescop prin refracție de 24 de țoli de la Observatorul Lowell din Flagstaff, Arizona. Telescopul fusese construit din donațiile lui Percival Lowell, un bogat aristocrat din Boston, obsedat de ideea că planeta Marte adăpostea o formă de viață inteligentă și dorind cu disperare să găsească dovezi ale civilizației marțiene. Slipher avea preocupări mai puțin excentrice decât Lowell și, de fiecare dată când i se ivea prilejul, îndrepta telescopul spre nebuloase.

De-a lungul mai multor nopți, Slipher a expus o placă fotografică timp de 40 de ore pentru a înregistra lumina palidă a Nebuloasei Andromeda (care se va dovedi mai târziu că e o galaxie) și a măsurat o deplasare Doppler spre albastru corespunzând unei viteze de 300 km/s, de șase ori mai mare decât a celei mai rapide stele. La 1912 predomina opinia că Andromeda aparținea Căii Lactee, așa încât astronomilor

nu le venea să creadă că un obiect local putea atinge o viteză atât de mare. Slipher însuşi se îndoia de propriile măsurători şi, pentru a fi sigur că nu se strecurase vreo greşeală, şi-a îndreptat telescopul către o nebuloasă cunoscută acum sub numele de Galaxia Sombrero. De data asta a găsit nu o deplasare spre albastru, ci una spre roşu, iar efectul Doppler era şi mai pronunţat. Galaxia Sombrero prezenta o deplasare spre roşu corespunzând unei viteze de 1 000 km/s cu care s-ar îndepărta de Pământ. Această valoare înseamnă aproximativ 0,3 % din viteza luminii. Un avion călătorind cu asemenea viteză ar ajunge de la Londra la New York în şase secunde.

În anii următori, Slipher a măsurat vitezele unui număr tot mai mare de galaxii şi a devenit limpede că ele călătoreau cu viteze ameţitoare. O nouă problemă însă trebuia lămurită. Primele două măsurători arătaseră că o galaxie se apropie (deplasare spre albastru) şi una se îndepărtează (deplasare spre roşu), dar prima duzină de măsurători a scos la iveală că numărul galaxiilor care se îndepărtează e mult mai mare decât al celor care se apropie. Pe la 1917, Slipher măsurase 25 de galaxii, dintre care 21 se îndepărtau, iar numai 4 se apropiau. În deceniul următor, pe listă s-au mai adăugat 20 de galaxii — şi toate se îndepărtau. Aproape toate galaxiile păreau să fugă de Calea Lactee, ca şi cum galaxia noastră ar fi fost urât mirositoare!

Unii astronomi se aşteptau ca galaxiile să fie în linii mari statice, plutind literalmente prin vid; evident, lucrurile nu stăteau aşa. Alţii credeau că distribuţia vitezelor trebuia să fie echilibrată, numărul galaxiilor care se îndepărtau fiind aproximativ egal cu al celor care se apropiau; şi ei păreau să se înşele. Faptul că galaxiile aveau o tendinţă netă de a se îndepărta contrazicea toate aşteptările. Slipher şi alţii au încercat să explice această imagine care prindea contur. S-au propus diferite explicaţii, stranii şi minunate, dar nu s-a ajuns la un consens.

Galaxiile care se îndepărtează au rămas un mister până când Edwin Hubble şi-a folosit mintea şi telescopul pentru a rezolva problema. Când a intrat în această dezbatere, i s-a părut că e inutil să teoretizezi în gol, mai ales că se puteau obţine noi date cu puternicul telescop de 100 de ţoli de la Mount Wilson. Crezul său era simplu: „Nu trebuie să păşim pe tărâmul fantomatic al speculaţiilor decât după ce am epuizat rezultatele empirice."

Nu peste mult timp Hubble va efectua observaţiile cruciale care vor permite astronomilor să integreze măsurătorile lui Slipher într-un nou

model coerent al universului. Fără ca acesta să fie scopul lui, Hubble era pe cale să ofere prima dovadă în sprijinul modelelor creației cosmologice elaborate de Lemaître și Friedmann.

Legea lui Hubble

În anii scurși de la măsurarea distanței până la nebuloase și demonstrarea faptului că multe dintre ele erau galaxii independente, autoritatea lui Edwin Hubble în lumea astronomiei a sporit. Și în viața lui personală s-au petrecut schimbări însemnate: a cunoscut-o pe Grace Burke, fiica unui bancher milionar, și s-a îndrăgostit de ea. După spusele lui Grace, Hubble a cucerit-o atunci când a vizitat observatorul de la Mount Wilson și l-a văzut cu ochii ațintiți asupra unei plăci fotografice înfățișând un câmp de stele. Mai târziu, avea să-și aducă aminte că el arăta „ca un zeu din Olimp, înalt, puternic și frumos, cu umerii lui Hermes sculptat de Praxitele. [...] Lăsa impresia unei forțe îndreptate spre o aventură ce nu avea nimic comun cu ambiția personală sau spaimele și neliniștea pe care aceasta le aduce cu sine. Erau acolo deopotrivă efort concentrat și detașare. Forța era perfect stăpânită."

Când l-a cunoscut pe Hubble, Grace era căsătorită, dar în 1921 a rămas văduvă: geologul Earl Leib, soțul ei, s-a prăbușit într-un puț de mină în timp ce colecta eșantioane de minereu. După ce și-au reluat legătura și au trăit o perioadă de întâlniri romantice, Edwin și Grace s-au căsătorit pe 26 februarie 1924.

Hubble tranșase Marea Dispută, iar publicitatea care a urmat i-a propulsat pe Edwin și Grace pe lista celebrităților. Mount Wilson se afla la doar 25 de kilometri de Los Angeles, astfel că au intrat curând în circuitul social al Hollywood-ului. Familia Hubble lua cina cu actori ca Douglas Fairbanks sau se întâlnea cu personalități ca Igor Stravinsky, iar celebrități ca Leslie Howard și Cole Porter vizitau Mount Wilson, dând observatorului o notă de mondenitate.

Ajuns cel mai faimos astronom din lume, lui Hubble îi plăcea să primească oaspeți, studenți și ziariști și să le povestească întâmplări din trecutul lui bogat. Dominat în tinerețe de figura tatălui, Hubble se simțea acum încântat în fața unui public care îl venera. Povestea deseori, de pildă, cum se duelase cu sabia pe când se afla în Europa. Isprava îi amuza pe prietenii lui, dar, când tatăl a aflat despre aventurile

lui de duelist l-a certat şi i-a spus că „rănile unui duelist nu sunt un semn de onoare".

În ciuda gloriei şi acestui stil de viaţă, Hubble n-a uitat niciodată că era înainte de toate un astronom deschizător de drumuri. Se considera un uriaş stând pe umerii altor uriaşi, succesorul firesc la tronul pe care stătuseră Copernic, Galilei şi Herschel. În timpul călătoriei de nuntă în Italia, s-a dus cu Grace la mormântul lui Galilei spre a-l omagia pe cel ce pusese piatra de temelie la propria sa descoperire.

Când Hubble a aflat despre preponderenţa galaxiilor cu deplasare spre roşu găsită de Slipher, s-a simţit firește provocat să intre în dispută şi să lămurească misterul. Simţea că era de datoria celui mai mare astronom al momentului să explice de ce se îndepărtează galaxiile. S-a apucat de lucru la Mount Wilson, unde telescopul de 100 de ţoli colecta de şaptesprezece ori mai multă lumină decât telescopul lui Slipher de la Observatorul Lowell. A petrecut noapte de noapte într-o beznă aproape neîntreruptă, aşa încât ochii lui s-au deprins cu întunericul cerului nocturn. În cupola observatorului, singura lumină care rupea monotonia beznei era pâlpirea jarului din pipa sa.

Asistentul lui Hubble era Milton Humason, care pornise de jos, dar devenise cel mai bun specialist din lume în fotografia astronomică. La paisprezece ani, Humason părăsise şcoala şi se angajase băiat de serviciu la Hotelul Mount Wilson, unde trăgeau astronomii aflaţi în vizită la observator. I s-a oferit apoi slujba de căruţaş al observatorului, având sarcina să transporte proviziile şi echipamentele în vârful muntelui. Mai târziu a devenit paznicul observatorului şi a învăţat în fiecare noapte tot mai multe despre munca astronomilor şi despre tehnicile fotografice folosite de ei. L-a convins chiar pe unul din studenţi să-i dea lecţii de matematică. S-a răspândit atunci zvonul că la Mount Wilson exista un paznic ciudat ale cărui cunoştinţe de astronomie sporeau pe zi ce trece, iar la trei ani după ce sosise la observator a fost angajat în echipa de fotografi. Doi ani mai târziu a devenit astronom asistent cu drepturi depline.

Hubble avea o slăbiciune pentru Humason, iar cei doi au început să colaboreze formând o echipă stranie. Hubble şi-a păstrat aerul de gentleman britanic, în vreme ce Humason îşi petrecea nopţile jucând cărţi şi bând acel distilat alcool ilicit numit „sucul panterei". Relaţia lor se întemeia pe convingerea lui Hubble că „istoria astronomiei e istoria lărgirii orizonturilor", iar Humason putea oferi imaginile care

îi permiteau lui Hubble să pătrundă în univers mai adânc decât oricine. În timp ce Humason fotografia o galaxie, el ținea în permanență degetele pe butoanele care ghidau telescopul, menținând galaxia fixă în câmpul vizual și compensând orice erori ale mecanismului de deplasare automată a telescopului. Hubble admira răbdarea și meticulozitatea lui Humason.

Pentru a explora misterul deplasării spre roșu observate de Slipher, cei doi și-au împărțit sarcinile. Humason măsura deplasările Doppler ale galaxiilor, iar Hubble măsura distanțele. Telescopul era dotat cu o nouă cameră fotografică și un nou spectroscop, așa încât fotografii care necesitau înainte mai multe nopți de expunere puteau fi acum obținute în doar câteva ore. Ei au început prin a confirma deplasările spre roșu descoperite de Slipher și, în 1929, Hubble și Humason aveau deja deplasările spre roșu și distanțele pentru 46 de galaxii. Din păcate însă, la jumătate din aceste măsurători marjele de eroare erau prea mari. Prudent din fire, Hubble a luat în considerare numai măsurătorile în care avea încredere și a reprezentat grafic vitezele galaxiilor în funcție de distanțele până la ele, după cum se vede în figura 60.

În aproape toate cazurile, galaxiile prezentau o deplasare spre roșu, ceea ce însemna că se îndepărtau. Punctele de pe grafic indicau de asemenea că viteza unei galaxii depindea de distanța la care aceasta se află. Hubble a trasat o linie dreaptă printre puncte, sugerând că viteza unei galaxii date era proporțională cu distanța de la Pământ la ea. Cu alte cuvinte, dacă o galaxie e de două ori mai îndepărtată decât o alta, atunci ea pare să se miște cu o viteză aproximativ dublă. Sau dacă o galaxie e de trei ori mai departe, ea se îndepărtează de trei ori mai repede.

Dacă Hubble avea dreptate, repercusiunile erau imense. Galaxiile nu zburau la întâmplare prin cosmos, ci exista o legătură matematică între vitezele și distanțele lor, iar, când savanții întâlnesc asemenea relații, ei caută o semnificație profundă. În acest caz, era vorba nici mai mult nici mai puțin decât de înțelegerea faptului că într-un moment din trecut toate galaxiile din univers fuseseră înghesuite într-o aceeași regiune mică. Acesta a fost primul indiciu observațional legat de ceea ce numim azi big bang. A fost primul semn că s-ar putea să fi existat un moment al creației.

Legătura dintre datele lui Hubble și momentul creației era simplă. Să presupunem că o galaxie se îndepărtează în prezent cu o anumită viteză de Calea Lactee și să vedem ce se întâmplă dacă ne întoarcem

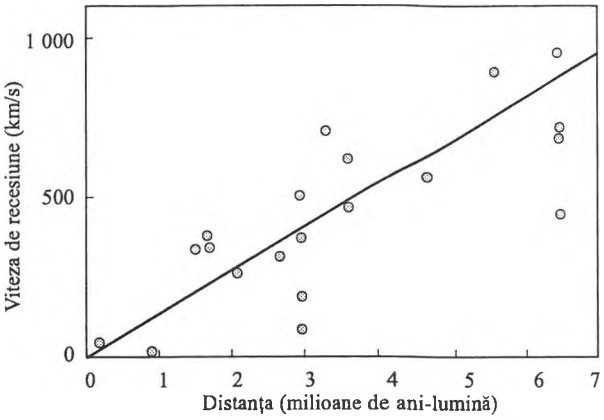


Figura 60 Graficul prezintă primul set de date al lui Hubble (1929) privind deplasările galactice spre roşu. Pe axa orizontală e distanţa, iar pe axa verticală viteza de îndepărtare (recesiune). Fiecare punct reprezintă măsurătorile pentru o galaxie. Deşi punctele nu se aşază toate pe dreaptă, există o tendinţă generală. Aceasta sugerează că viteza unei galaxii e proporţională cu distanţa până la ea.

în timp. Ieri galaxia trebuie să fi fost mai aproape de Calea Lactee decât e azi, iar săptămâna trecută încă mai aproape etc. De fapt, împărţind distanţa actuală până la galaxie la viteza ei, putem deduce când anume a fost galaxia aproape de Calea Lactee (presupunând, desigur, că viteza ei a rămas constantă). Apoi considerăm o galaxie care se află la o distanţă de două ori mai mare decât prima şi, urmând acelaşi raţionament, putem calcula când anume a fost galaxia aproape de Calea Lactee. Graficul sugerează că o galaxie aflată la o distanţă de două ori mai mare decât prima călătoreşte de două ori mai rapid. Aşa încât, dacă ne întoarcem în timp, cele două galaxii se vor întoarce lângă Calea Lactee exact în acelaşi moment. Dacă toate galaxiile au o viteză proporţională cu distanţa până la Calea Lactee, atunci, la un moment din trecut, toate trebuie să se fi aflat în imediata vecinătate a Căii Lactee, după cum arată figura 61.

Prin urmare, tot ce există în univers pare să fi luat naştere dintr-o unică regiune densă în cursul unui moment al creaţiei. Iar dacă ceasul porneşte de la ora zero, rezultă un univers în evoluţie şi expansiune. Este tocmai ceea ce Lemaître şi Friedmann teoretizaseră. Acesta era big bang-ul.

Deşi Hubble adunase datele, el nu s-a referit niciodată la consecinţele lor legate de big bang. Hubble şi-a publicat graficul într-un articol de şase pagini modest intitulat „O relaţie între distanţă şi viteza radială pentru nebuloasele extragalactice". Prudentul Hubble nu voia să facă speculaţii privind originea universului sau să-şi pună marile întrebări filozofice ale cosmologiei. El nu-şi dorea decât să facă observaţii bune şi să obţină date precise. La fel se întâmplase şi cu precedenta sa descoperire. Dovedise că anumite nebuloase se aflau la mare distanţă de Calea Lactee, dar îi lăsase pe alţii să tragă concluzia că aceste nebuloase erau galaxii de sine stătătoare. Hubble părea cu desăvârşire incapabil să se angajeze în căutarea unui înţeles mai profund al datelor sale, aşa încât colegii lui au fost aceia care i-au interpretat graficul vitezei în funcţie de distanţa galaxiilor.

Dar înainte să facă vreo speculaţie pornind de la observaţiile lui Hubble, ei trebuiau să se asigure că măsurătorile lui erau corecte. Era un obstacol important, fiindcă puţini dintre confraţii săi erau convinşi de graficul lui Hubble. La urma urmei, multe puncte erau departe de linia pe care el o trasase. Poate că punctele nu se aflau pe o linie dreaptă, ci pe o curbă. Sau poate că pur şi simplu nu exista nici o linie dreaptă sau curbă, iar punctele erau de fapt distribuite la întâmplare. Dovezile trebuiau să fie indiscutabile, căci consecinţele erau uriaşe. Hubble avea nevoie de măsurători mai bune şi mai multe.

Vreme de doi ani, Hubble şi Humason şi-au continuat nopţile de muncă istovitoare la telescop, ducând tehnica spre limitele ei. Eforturile lor au fost însă pe deplin răsplătite: au reuşit să măsoare galaxii de douăzeci de ori mai îndepărtate decât cele indicate în articolul din 1929. În 1931, Hubble a publicat un alt articol, conţinând un nou grafic, prezentat în figura 62. De data asta, punctele se aşezau ascultătoare de-a lungul liniei lui Hubble. Concluziile datelor deveneau inevitabile. Universul se extindea într-adevăr într-un mod sistematic. Relaţia de proporţionalitate între viteza galaxiei şi distanţa până la ea a căpătat numele de *legea lui Hubble*. Nu e tocmai o lege, aşa cum e legea gravitaţiei, care dă valoarea exactă a forţei de atracţie gravitaţională între două corpuri; e mai curând o regulă descriptivă cu caracter aproximativ, în general valabilă, dar pentru care există şi excepţii.

De pildă, la început Vesto Slipher identificase câteva galaxii cu deplasare spre albastru, ceea ce contrazice legea lui Hubble. Aceste

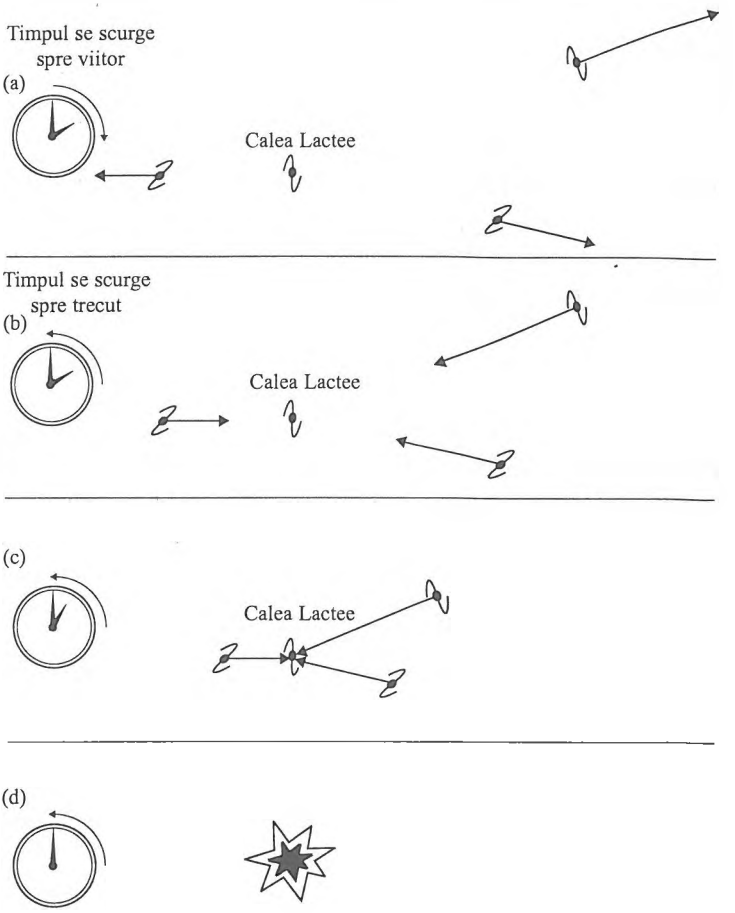


Figura 61 Observațiile lui Hubble conduceau către un moment al creației. Diagrama (a) reprezintă universul de azi, de la ora două, iar, pentru simplitate, în afară de Calea Lactee, mai sunt desenate doar trei galaxii. Cu cât galaxia se află mai departe, cu atât se îndepărtează mai repede, după cum indică lungimea săgeților. Dacă însă inversăm sensul timpului, diagrama (b), galaxiile se apropie. La ora unu, diagrama (c), galaxiile sunt și mai aproape de noi. La miezul nopții, diagrama (d), ele sunt în același loc cu noi. Aceasta trebuie să se fi petrecut când s-a declanșat big bang-ul.

galaxii se află în apropierea Căii Lactee, iar, dacă viteza unei galaxii e proporțională cu distanța până la ea, atunci e de așteptat ca viteza cu care se îndepărtează să fie relativ mică. Pentru viteze suficient de mici însă, sensul deplasării poate fi inversat de atracția gravitațională a Căii Lactee sau a altor galaxii din vecinătate. Pe scurt, galaxiile care prezintă o ușoară deplasare spre albastru pot fi ignorate, ele reprezentând anomalii locale ce nu se supun legii lui Hubble. Astfel, în general, nu greșim dacă spunem că galaxiile din univers se îndepărtează de noi cu o viteză proporțională cu distanța până la ele. Legea lui Hubble poate fi exprimată printr-o ecuație simplă:

$$v = H_0 \times d$$

Aceasta ne spune că viteza (v) a unei galaxii este în general egală cu distanța (d) de la Pământ la ea înmulțită cu un număr fix (H_0) numit constanta lui Hubble. Valoarea constantei lui Hubble depinde de unitățile folosite pentru distanță și viteză. Viteza e de regulă măsurată în kilometri pe secundă, dar din rațiuni practice astronomii preferă deseori să măsoare distanța în megaparseci (Mpc), 1 Mpc fiind egal cu 3 260 000 ani-lumină sau 30 900 000 000 000 000 000 km. Folosind ca unitate megaparsecul, Hubble a găsit că valoarea constantei sale este de 558 km/s/Mpc.

Valoarea constantei lui Hubble are două consecințe. În primul rând, dacă o galaxie se află la 1 Mpc de Pământ, ea se deplasează cu aproximativ 558 km/s sau, dacă e la 10 Mpc de Pământ, se deplasează cu aproximativ 5 580 km/s și așa mai departe. De fapt, presupunând că legea lui Hubble e corectă, putem deduce viteza unei galaxii doar măsurând distanța până la ea sau, invers, putem calcula distanța cunoscând viteza.

A doua consecință a valorii constantei lui Hubble este că ne spune vârsta universului. Cu cât timp în urmă toată materia din univers a apărut într-o unică regiune densă? Dacă valoarea constantei este de 558 km/s/Mpc, atunci o galaxie aflată la 1 Mpc călătorește cu 558 km/s, așa încât putem calcula în cât timp a ajuns galaxia la distanța de 1 Mpc, presupunând că s-a deplasat cu viteza constantă de 558 km/s.

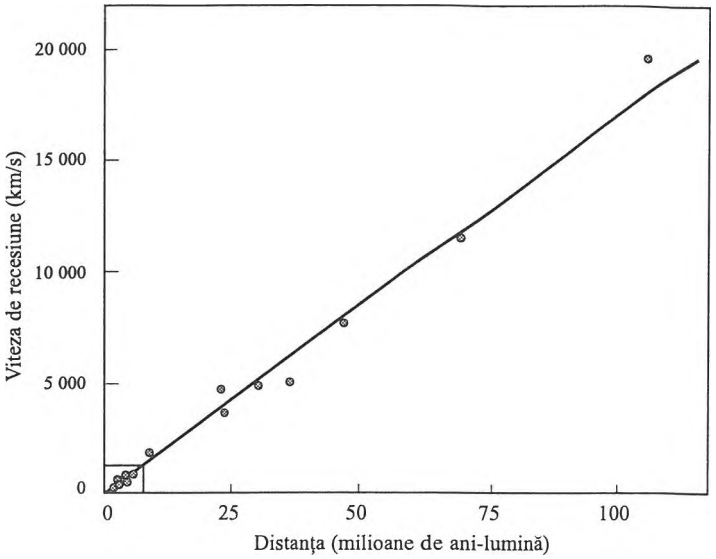


Figura 62 La fel ca în graficul din 1920 (figura 60), fiecare punct din graficul lui Hubble din 1931 reprezintă măsurătorile pentru o galaxie. În comparație cu articolul din 1929, măsurătorile au fost mult îmbunătățite. Hubble a putut măsura acum galaxii aflate la distanțe mult mai mari, așa încât toate datele din 1929 sunt cuprinse în micul dreptunghi din colțul din stânga-jos. De data asta se vede mult mai clar că punctele se așază pe o linie dreaptă.

Calculul e mai ușor dacă transformăm distanța în kilometri, știind că 1 Mpc = 30 900 000 000 000 000 000 km.

$$\text{timpul} = \frac{\text{distanța}}{\text{viteză}}$$

$$\text{timpul} = \frac{30\ 900\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 \text{ km}}{558 \text{ km/s}}$$

$$\text{timpul} = 55\ 400\ 000\ 000\ 000\ 000 \text{ s}$$

$$\text{timpul} = 1\ 800\ 000\ 000 \text{ ani}$$

Prin urmare, în conformitate cu observațiile lui Hubble și Humason, toată materia din univers se afla concentrată într-o regiune relativ mică în urmă cu aproximativ 1,8 miliarde de ani și de atunci se extinde continuu. Această imagine contrazice flagrant viziunea adânc înrădăcinată despre un univers etern și neschimbător. Ea confirmă ideea propusă de Lemaître și Friedmann că universul a început cu un big bang.

Astronomii fuseseră deja obligați să accepte un nivel minim de evoluție a universului, fiindcă văzuseră cu propriii lor ochi transformări cum ar fi apariția novelor și supernovelor. Dar astronomii își închipuiseră că moartea unei stele e compensată de nașterea alteia, astfel încât stabilitatea și echilibrul universului să fie menținute. Cu alte cuvinte, novele care apăreau din când în când nu schimbau caracterul global al universului. Aceste rezultate din urmă însă conduceau spre ideea de evoluție continuă la scară cosmică. Observațiile lui Hubble și legea sa privind expansiunea însemnau că întregul univers e dinamic și evoluează, distanțele crescând și densitatea globală a universului scăzând odată cu trecerea timpului.

Evident, conservatorismul înnăscut a făcut ca majoritatea cosmologilor să respingă ideea unui univers în expansiune și a unui moment al creației, la fel cum s-a întâmplat cu cei care se împotriviseră ideii că nebuloasele sunt galaxii îndepărtate, că lumina călătorește cu viteză finită sau că Pământul se rotește în jurul Soarelui.

Toate aceste discuții sofisticate îl lăsau rece pe fostul cărăuș. Munca lui Humason se încheiase odată ce măsurase deplasările spre roșu, iar interpretările nu-l interesau: „Mă bucură tare mult să știu că munca mea a fost, orice s-ar spune, esențială și că va rămâne neclintită, indiferent ce se hotărăște cu privire la semnificația ei. Liniile sunt tot acolo unde le-am măsurat eu, iar vitezele, deplasările spre roșu sau cum veți vrea să le numiți, vor rămâne mereu aceleași."

Inutil să mai subliniem că și Hubble s-a ținut departe de orice speculație.* Pusese la dispoziție măsurătorile, dar n-a luat parte la nici o dezbatere cosmologică. Articolul științific al lui Hubble și Humason

* E interesant de observat că și Ernest Rutherford, cealaltă mare figură a științei empirice din primele decenii ale secolului XX, păstra aceeași distanță față de teorie. Deși experimentele sale fuseseră cruciale pentru înțelegerea structurii atomului, nu a manifestat vreun interes pentru recent născuta mecanică cuantică, iar pe teoreticieni îi privea cu superioritate și ironie. (*N. t.*)

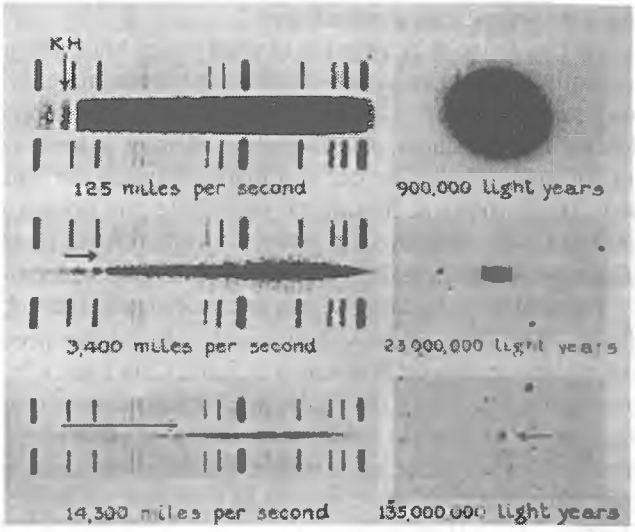


Figura 63 Spre deosebire de spectrul de absorbție idealizat din figura 54, aceste spectre reprezintă măsurători reale efectuate de Hubble și Humason. Deși nu e ușor de interpretat, pe fiecare linie se află lungimile de undă absorbite de o galaxie, iar în dreapta imaginea galaxiei.

Prima galaxie, NGC 221, e la o distanță de 0,9 milioane de ani-lumină. Măsurătorile spectroscopice ale lui Humason dau viteza galaxiei. Banda centrală orizontală reprezintă lumina provenită de la galaxie, iar linia verticală încadrată, lungimea de undă a luminii absorbite de calciu în galaxie. Această bară verticală e mai la dreapta decât ar fi trebuit (deplasare spre roșu, vezi figura 59) și indică o viteză de recesiune de 125 mile/s (200 km/s). Valoarea deplasării spre roșu e măsurată în raport cu scara de calibrare plasată deasupra datelor pentru NGC 221 și sub ele.

Al doilea set de măsurători corespunde galaxiei NGC 379, la 23 de milioane de ani-lumină, motiv pentru care apare în fotografie mai mică decât NGC 221. Linia de absorbție a calciului (încadrată) e deplasată și mai mult spre dreapta, viteza de recesiune fiind de 1 400 mile/s (2 250 km/s). NGC 379 se află la o distanță de 26 de ori mai mare decât NGC 221 și călătorește de 27 de ori mai repede. Creșterea în viteză e deci aproximativ proporțională cu creșterea în distanță.

Al treilea set de măsurători corespunde roiului Gemenilor, la o distanță de 135 de milioane de ani-lumină. Linia calciului (încadrată) e deplasată și mai mult spre dreapta, indicând o viteză de 14 300 mile/s (23 000 km/s). E cam de o sută de ori mai îndepărtată decât NGC 221 și călătorește cam de o sută de ori mai repede.

conţinea următoarea afirmaţie: „Autorii se mărginesc să prezinte «aparentele deplasări-viteze», fără a se hazarda să dea interpretări şi să caute semnificaţii cosmologice."

Astfel, în loc să se implice în următoarea Mare Dispută, Hubble s-a mulţumit să-şi savureze celebritatea tot mai mare. În 1937 a fost oaspetele de onoare al lui Frank Capra la decernarea premiilor Academiei de Film. Capra, preşedintele academiei, a deschis seara Oscarurilor prezentându-l pe cel mai mare astronom din lume. Vedetele de la Hollywood l-au înconjurat pe Hubble care primea aplauze sub lumina a trei reflectoare. Îşi petrecuse viaţa privind la stele şi minunându-se, iar acum stelele îl priveau cu aceeaşi veneraţie.

Publicul întreg îşi dădea seama de importanţa realizărilor lui Hubble. El era omul care, măsurând distanţele, lărgise perspectiva noastră asupra universului de la o unică şi finită Cale Lactee la un univers nemărginit presărat cu alte galaxii. El demonstrase expansiunea comică şi, fie că Hubble recunoştea sau nu, aceasta părea să ducă la concluzia că universul are o istorie limitată şi că fusese odinioară un embrion compact de materie gata să explodeze şi să evolueze. Fără să vrea, Edwin Hubble descoperise prima dovadă reală în favoarea creaţiei. În fine, modelul big bang nu mai era doar o teorie.

CAPITOLUL 3 — MAREA DISPUTĂ

REZUMAT

(1) ASTRONOMII AU CONSTRUIT TELESCOAPE TOT MAI MARI ȘI MAI BUNE.
EI AU EXPLORAT CERUL ȘI AU MĂSURAT DISTANȚELE PÂNĂ LA STELE.

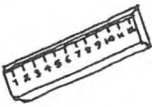
(2) PE LA 1700, HERSCHEL A ARĂTAT CĂ SOARELE E ÎNGLOBAT
ÎNTR-UN GRUP DE STELE — CALEA LACTEE.
ACEASTA ERA GALAXIA NOASTRĂ, POATE SINGURA GALAXIE.

(3) 1781 MESSIER A CATALOGAT NEBULOASELE (PETE PALIDE) CARE NU PĂREAU
SĂ FIE STELE (PUNCTE DE LUMINĂ DISTINCTE).
MAREA DISPUTĂ PRIVEA NATURA NEBULOASELOR:

- SUNT CORPURI DIN CALEA LACTEE SAU
- SUNT GALAXII SEPARATE?

ESTE CALEA LACTEE UNICA GALAXIE?
SAU
GALAXIILE SUNT RĂSPÂNDITE PRETUTINDENI
ÎN UNIVERS?

(4) 1912 HENRIETTA LEAVITT A STUDIAT STELELE VARIABILE CEFEIDE ȘI A ARĂTAT CĂ PERIOADA
LOR DE VARIAȚIE POATE FI FOLOSITĂ PENTRU A DETERMINA
STRĂLUCIREA LOR REALĂ ȘI DISTANȚA PÂNĂ LA ELE.

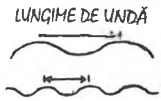


ASTRONOMII DISPUNEAU ACUM DE O RIGLĂ
PENTRU A MĂSURA UNIVERSUL.

(5) 1923 EDWIN HUBBLE A IDENTIFICAT O VARIABILĂ CEFEIDĂ ÎNTR-O NEBULOASĂ
ȘI A DOVEDIT CĂ SE AFLA LA MARE DISTANȚĂ DE CALEA LACTEE ! PRIN URMARE,
NEBULOASELE (CELE MAI MULTE DINTRE ELE) ERAU GALAXII SEPARATE,
FIECARE ALCĂTUITĂ DIN MILIARDE DE STELE, AȘA CUM E ȘI CALEA LACTEE.

UNIVERSUL E PLIN
DE GALAXII.

(6) SPECTROSCOPIE – DIFERIȚI ATOMI EMIT/ABSORB ANUMITE LUNGIMI DE UNDĂ ALE LUMINII, ASTFEL ÎNCÂT ASTRONOMII AU STUDIAT LUMINA STELELOR PENTRU A VEDEA DIN CE SUNT ALCĂTUITE:



ASTRONOMII AU OBSERVAT CĂ LUNGIMILE DE UNDĂ DIN LUMINA STELELOR ERAU UȘOR DEPLASATE. ACEASTA SE PUTEA EXPLICA PRIN EFECTUL DOPPLER:

- PENTRU O STEA CARE SE APROPIE, LUMINA E DEPLASATĂ SPRE LUNGIMI DE UNDĂ MAI MICI (DEPLASARE SPRE ALBASTRU)
- PENTRU O STEA CARE SE ÎNDEPĂRTEAZĂ, LUMINA E DEPLASATĂ SPRE LUNGIMI DE UNDĂ MAI MARI (DEPLASARE SPRE ROȘU).

MAJORITATEA GALAXIILOR PAR SĂ FUGĂ DE CALEA LACTEE (PREZINTĂ DEPLASARE SPRE ROȘU)!

(7) 1929 HUBBLE A ARĂTAT CĂ EXISTĂ O RELAȚIE DIRECTĂ ÎNTRE DISTANȚA PÂNĂ LA O GALAXIE ȘI VITEZA EI.
ACEASTA POARTĂ NUMELE DE LEGEA LUI HUBBLE:

DACĂ GALAXIILE SE ÎNDEPĂRTEAZĂ, ATUNCI:
1. MÂINE ELE VOR FI MAI DEPARTE DE NOI
2. DAR IERI SE AFLAU MAI APROAPE
3. IAR ANUL TRECUT ERAU ÎNCĂ ȘI MAI APROAPE
4. LA UN MOMENT DAT DIN TRECUT TOATE GALAXIILE TREBUIE SĂ FI FOST EXACT ÎN ACELAȘI LOC CU NOI.

MĂSURĂTORILE LUI HUBBLE PĂREAU SĂ DUCĂ LA CONCLUZIA CĂ UNIVERSUL A ÎNCEPUT ÎNTR-O STARE MICĂ ȘI CONDENSATĂ, IAR APOI S-A EXTINS. ÎN PREZENT, EXPANSIUNEA LUI CONTINUĂ.

ESTE ACEASTA O DOVADĂ ÎN FAVOAREA MODELULUI BIG BANG?

Capitolul 4

HOINARII COSMOSULUI

Supersistemul galaxiilor se dispersează ca un rotocol de fum. Uneori mă întreb dacă nu cumva există o scară mai mare, la care să fie într-adevăr doar un rotocol de fum.

ARTHUR EDDINGTON

Natura ne arată doar coada leului. Dar n-am nici o îndoială că leul face parte din ea, chiar dacă, din pricina dimensiunii lui, nu se poate dezvălui în întregime și dintr-odată. Nu putem vedea decât ce vede un păduche așezat pe spinarea lui.

ALBERT EINSTEIN

Cosmologii se înșală deseori, dar n-au niciodată îndoieli.

LEV LANDAU

După ce desființase eterul cu câțiva ani în urmă, Albert Michelson a ținut în 1894 o prelegere la Universitatea din Chicago. El a afirmat: „Cele mai importante legi și fenomene fundamentale din știința fizicii au fost toate descoperite și sunt acum atât de ferm stabilite, încât posibilitatea ca ele să fie vreodată completate ca urmare a unor noi descoperiri e extrem de îndepărtată. [...] Descoperirile noastre din viitor vor aduce corecții la a șasea zecimală."

A doua jumătate a secolului al XIX-lea fusese într-adevăr o epocă glorioasă pentru fizică, multe mari mistere fuseseră lămurite, dar să spui că fizicienilor le rămânea doar sarcina de a îmbunătăți precizia măsurătorilor era o absurditate strigătoare la cer. Michelson avea să mai trăiască destul pentru a vedea cum s-a ales praful și pulberea de temerara lui afirmație. În câteva decenii, dezvoltarea fizicii cuantice și nucleare va zgudui înseși temeliile științei. De asemenea, cosmologii vor fi obligați să-și revizuiască felul în care înțeleg universul.

Din perspectiva sfârșitului de secol XIX, universul era un cosmos veșnic și, în linii mari, neschimbător. Dar, în timp ce modele vestimentare se demodau iar bursele se prăbușeau, savanții anilor '20 erau obligați să ia în considerare modelul cosmic rival care descria un univers în expansiune născut cu miliarde de ani în urmă.

La acest gen de revoluție în lumea științifică e posibil să se ajungă pe două căi. Una îi implică pe teoreticieni, care pot ajunge la o concluzie surprinzătoare aplicând legile fizicii într-o direcție nouă. Cealaltă cale îi implică pe experimentatori și observatori, care ar putea măsura sau vedea ceva ce pune sub semnul întrebării presupunerile lor anterioare. Revoluția petrecută în cosmologie în anii '20 a fost atipică fiindcă modelul bine înrădăcinat al unui univers etern a fost atacat simultan

pe ambele fronturi. Georges Lemaître şi Aleksandr Friedmann folosiseră teoria pentru a ajunge la ideea unui univers în expansiune, aşa cum am arătat în capitolul 2. În paralel, Edwin Hubble observa independent de aceasta deplasarea spre roşu a galaxiilor, ceea ce conducea de asemenea la un univers în expansiune, aşa cum am văzut în capitolul 3.

Friedmann nu mai era în viaţă pentru a afla despre observaţiile lui Hubble. El murise fără ca ideile sale să primească vreo recunoaştere. Lemaître însă a avut mai mult noroc. În articolul său din 1927 în care propunea modelul big bang al universului, el prezicea că galaxiile ar trebui să se îndepărteze cu viteze proporţionale cu distanţele până la ele. Iniţial, lucrarea sa a fost ignorată pentru că nu exista nici o dovadă în sprijinul ei, dar doi ani mai târziu Hubble şi-a publicat observaţiile în care arăta că într-adevăr galaxiile se îndepărtează, iar ideile lui Lemaître au fost în fine confirmate.

Lemaître îi scrisese lui Arthur Eddington despre modelul big bang, dar nu primise nici un răspuns. Când descoperirea lui Hubble a ajuns pe prima pagină a ziarelor, Lemaître i-a scris din nou lui Eddington, în speranţa că de data asta distinsul astrofizician va înţelege că teoria lui se potrivea perfect cu rezultatele recente. George McVittie era la acea vreme studentul lui Eddington şi avea să-şi amintească mai târziu reacţia profesorului său faţă de insistentul preot: „Destul de ruşinat, Eddington mi-a arătat scrisoarea lui Lemaître care i-a adus aminte de soluţia pe care acesta o dăduse deja problemei. Eddington mi-a mărturisit că, deşi văzuse articolul lui Lemaître din 1927, uitase complet de el până în acea clipă. Această neglijenţă a fost imediat reparată de scrisoarea lui Eddington către prestigioasa revistă *Nature*, apărută în iunie 1930, în care atrăgea atenţia asupra strălucitului articol publicat de Lemaître cu trei ani în urmă."

În trecut, Eddington ignorase cercetările lui Lemaître, dar acum era gata să-i dea binecuvântarea şi sprijinul. În afară de scrisoarea trimisă la *Nature*, Eddington a tradus articolul lui Lemaître şi l-a publicat în *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. L-a considerat „o soluţie strălucită" şi „rezolvarea completă a problemei", în sensul că modelul lui Lemaître explica perfect măsurătorile lui Hubble.

Vestea s-a răspândit treptat în comunitatea ştiinţifică, iar acordul desăvârşit între predicţiile teoretice ale lui Lemaître şi observaţiile lui Hubble a început să stârnească admiraţie. Până în acel moment, toţi cosmologii îşi concentraseră atenţia asupra modelului de univers

static şi etern, susţinut de Albert Einstein, dar acum o minoritate semnificativă considera modelul lui Lemaître mult mai convingător.

Să recapitulăm: Lemaître susţinuse că relativitatea generalizată (în forma ei cea mai pură*) conducea la concluzia că universul e în expansiune. Dacă azi universul se află în expansiune, înseamnă că în trecut el trebuie să fi fost mai compact. Urmând acest raţionament, rezultă că universul trebuie să se fi născut dintr-o stare extrem de compactă, aşa-numitul atom primordial de dimensiune mică, dar finită. Lemaître credea că atomul primordial putea să fi existat de o veşnicie până când a apărut un fel de „rupere a echilibrului", după care atomul s-a dezintegrat, iar toate fragmentele lui s-au împrăştiat. El a definit începutul acestui proces de dezintegrare ca fiind momentul iniţial din istoria universului. Acesta a fost momentul creaţiei sau, după cum spunea Lemaître, „o zi pentru care n-a existat ziua de ieri".

Perspectiva lui Friedmann asupra momentului creaţiei fusese uşor diferită de cea a lui Lemaître. În locul imaginii unui univers apărut din atomul primordial, modelul big bang al lui Friedmann susţinuse că totul s-a născut dintr-un punct. Cu alte cuvinte, întreg universul se redusese la nimic. Fie că era vorba de un atom primordial, fie că era vorba de un punct, teoriile despre însuşi momentul creaţiei aveau un puternic caracter speculativ şi aşa aveau să rămână multă vreme. În privinţa altor aspecte ale modelului big bang însă, exista mai multă încredere şi un larg consens printre susţinătorii săi.

Hubble observase, de pildă, că galaxiile se îndepărtează de Pământ, exact aşa cum prezisese modelul big bang, dar teoreticienii credeau în unanimitate că galaxiile nu se deplasează *prin* spaţiu, ci se deplasează *odată* cu spaţiul. Eddington a explicat această distincţie subtilă comparând spaţiul cu suprafaţa unui balon şi reducând cele trei dimensiuni spaţiale ale universului la o foaie de cauciuc, bidimensională şi închisă, după cum se vede în figura 64. Suprafaţa balonului e acoperită cu puncte ce reprezintă galaxiile. Dacă balonul e umflat până când diametrul său se dublează, atunci distanţa dintre puncte se va dubla, iar punctele se vor îndepărta într-adevăr unul de altul. Esenţial aici e faptul că punctele nu se mişcă pe suprafaţa balonului, ci suprafaţa însăşi se extinde, făcând astfel să crească distanţa dintre puncte. În

*Adică fără constanta cosmologică, introdusă ulterior de Einstein pentru a obţine un univers static. (*N. t.*)

mod asemănător, nu galaxiile se mişcă prin spaţiu, ci spaţiul dintre galaxii se dilată.

Deşi deplasarea spre roşu a luminii galactice a fost explicată în capitolul 3 prin simpla îndepărtare a galaxiilor, devine acum limpede că adevărata cauză a deplasării spre roşu este dilatarea spaţiului. Când undele de lumină părăsesc o galaxie şi călătoresc spre Pământ, ele sunt „întinse" pentru că spaţiul prin care călătoresc este el însuşi întins, aşa încât lungimile de undă devin mai mari, iar lumina apare mai roşie. Deşi această deplasare cosmologică spre roşu a luminii are o cauză diferită de cea a deplasării Doppler obişnuite, descrierea efectului Doppler din capitolul 3 rămâne utilă pentru înţelegerea deplasării spre roşu a galaxiilor.

Dacă întreg spaţiul se dilată şi galaxiile se află în spaţiu, v-aţi putea închipui că şi galaxiile se dilată. Teoretic, acest lucru e posibil, dar în realitate uriaşele forţe gravitaţionale din interiorul galaxiilor fac ca efectul să fie insignifiant. Expansiunea e prin urmare relevantă la scara cosmică intergalactică, nu la nivelul local intragalactic. Într-o

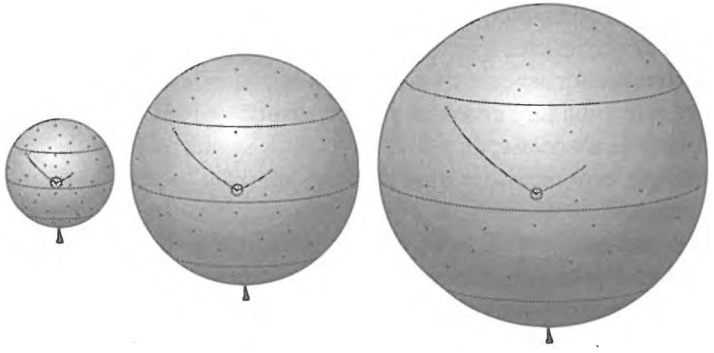


Figura 64 Universul e înfăţişat aici ca suprafaţa unui balon. Fiecare punct reprezintă o galaxie, iar punctele încercuite reprezintă Calea Lactee. Pe măsură ce balonul se umflă (adică, universul se extinde), celelalte puncte par să se îndepărteze de noi, exact aşa cum a observat Hubble că toate galaxiile se îndepărtează. Cu cât galaxia e la o distanţă mai mare, cu atât se îndepărtează mai mult într-un interval de timp dat, deci se deplasează mai repede — ceea ce spune şi legea lui Hubble. Efectul e pus în evidenţă prin marcarea distanţelor până la două galaxii, una apropiată, alta îndepărtată.

secvență de la începutul filmului *Annie Hall* de Woody Allen, doamna Singer îl duce la psihoterapeut pe fiul ei Alvy, care suferă o depresie. Băiatul îi explică doctorului că citise despre expansiunea universului, iar asta îl făcuse să-şi închipuie că toate lucrurile care-l încojoară se vor dezmembra în cele din urmă — moment în care mama îl întrerupe: „Ce-are a face universul cu asta? Tu eşti aici, în Brooklyn! Brooklyn-ul nu se dilată!" Doamna Singer avea perfectă dreptate.

Odată ce am prezentat analogia cu balonul, se cuvine să lămurim un aspect de multe ori greşit înțeles. Dacă toate galaxiile se îndepărtează de Pământ, nu înseamnă asta oare că Pământul e centrul universului? S-ar părea că întregul univers a apărut din punctul unde ne aflăm acum. Ocupăm noi oare cu adevărat un loc privilegiat în cosmos? În realitate, indiferent unde se află un observator, apare iluzia că el ocupă un loc central. Să ne întoarcem la figura 64 şi să ne imaginăm că galaxia noastră, Calea Lactee, este unul dintre puncte, că balonul se umflă, iar celelalte puncte par să se îndepărteze de noi. Dar şi din perspectiva unui alt punct toate celelalte puncte par să se îndepărteze de el. Cu alte cuvinte, şi acel punct se poate considera pe sine centrul universului. Nu există un centru al universului — sau fiecare galaxie e egal îndreptățită să se pretindă centrul universului.

Pe la mijlocul anilor '20 Albert Einstein îşi pierduse interesul pentru cosmologie, dar, după ce observațiile lui Hubble au venit în sprijinul ideii de big bang, a revenit asupra temei. În 1931, în timpul unui an sabatic petrecut la Institutul Tehnologic din California (Caltech), a fost invitat împreună cu Elsa, a doua lui soție, ca oaspete de onoare al lui Hubble la Observatorul Mount Wilson. Li s-a prezentat uriaşul telescop Hooker de 100 de țoli şi astronomii le-au explicat că această maşinărie gigantică e esențială pentru explorarea universului. Spre surprinderea lor, Elsa nu s-a arătat deloc impresionată: „Bine, dar soțul meu face asta pe spatele unui plic vechi."

Eforturile lui Einstein se mărgineau însă la teoretizări, iar teoriile pot fi eronate. Din acest motiv e atâta nevoie să se investească bani în experimente costisitoare şi în telescoape uriaşe — ele singure pot face deosebirea dintre o teorie bună şi una proastă. Calculele lui Einstein schițate pe spatele plicurilor susținuseră cauza unui univers static, contrazis acum de observațiile lui Hubble, ceea ce dovedeşte importanța observației ca judecător al teoriilor.

Aflat la Mount Wilson, Einstein s-a întreținut cu Milton Humason, asistentul lui Hubble, care i-a arătat diferite plăci fotografice și galaxiile pe care le sondaseră. I-a arătat lui Einstein și spectrele galaxiilor, care dezvăluiseră o sistematică deplasare spre roșu. Einstein citise deja articolele publicate de Hubble și Humason, dar acum vedea datele cu ochii lui. Concluzia părea inevitabilă. Observațiile indicau faptul că galaxiile se îndepărtează și universul se extinde.

În ziua de 3 februarie 1931 Einstein a dat o declarație în fața ziariștilor adunați în biblioteca Observatorului Mount Wilson. A renunțat public la propria lui cosmologie statică și a confirmat modelul big bang al universului în expansiune. Pe scurt, a găsit convingătoare observațiile lui Hubble și a recunoscut că Lemaître și Friedmann avuseseră dreptate. Când geniul cel mai celebru din lume s-a răzgândit, trecând de partea big bang-ului, pentru ziariști s-a stabilit oficial că universul e în exapansiune. În orășelul unde se născuse Hubble, ziarul *Springfield Daily News*, titra: TÂNĂRUL CARE A PĂRĂSIT MUNȚII OZARK PENTRU A CERCETA STELELE L-A FĂCUT PE EINSTEIN SĂ SE RĂZGÂNDEASCĂ.

Einstein nu numai că a abandonat modelul static al universului, dar și-a reconsiderat și ecuația relativității generale. Să ne aducem aminte că ecuația inițială a lui Einstein explicase perfect cunoscuta forță de atracție gravitațională, dar această forță atractivă ar fi dus în cele din urmă la colapsarea întregului univers. Pentru că universul se considera a fi etern și static, el a adăugat constanta cosmologică — de fapt, o născocire — la ecuația sa în dorința de a simula o forță repulsivă acționând la distanțe mari și împiedicând astfel prăbușirea. Acum că universul nu mai părea static, Einstein a abandonat constanta cosmologică și s-a întors la ecuația inițială a relativității generale.

Lui Einstein nu-i plăcuse niciodată constanta cosmologică și o introdusese în ecuație doar pentru a se conforma ideii general acceptate de univers static și etern. S-a dovedit însă că acest conformism îl condusese pe căi greșite. La începutul carierei lui de fizician, pe când se afla în culmea creativității intelectuale, își urmase de fiecare dată propriul instinct și ignorase orice autoritate. Singura dată când a cedat presiunii comunității științifice s-a înșelat. Mai târziu, avea să considere constanta cosmologică cea mai mare gafă din întreaga lui viață. Într-o scrisoare către Lemaître spunea: „De când am introdus acest

termen am avut mereu conştiinţa încărcată. [...] Refuz să cred că un lucru atât de urât poate fi întâlnit în natură."*

Deşi Einstein îşi abandonase factorul născocit, cosmologii care mai credeau încă într-un univers etern şi static erau convinşi că această constantă cosmologică reprezenta o parte esenţială şi validă a relativităţii generale. Chiar şi unii adepţi ai modelului big bang ţineau la ea şi nu voiau s-o piardă. Păstrând constanta cosmologică şi modificându-i valoarea, ei îşi puteau ajusta modelele teoretice şi schimba ritmul de expansiune al universului. Constanta cosmologică avea un efect antigravitaţional, aşa încât făcea ca universul să se dilate mai repede.

Valoarea şi validitatea constantei cosmologice au stârnit dispute printre adepţii teoriei big bang, dar Lemaître şi Einstein au făcut front comun cu ocazia seminarului ţinut la centrul din Pasadena al observatorului Mount Wilson, în ianuarie 1933, la doi ani după ce Einstein vizitase pentru prima dată observatorul. Lemaître şi-a prezentat punctul de vedere asupra modelului big bang în faţa unui public distins format din astronomi şi cosmologi, între care se afla şi Edwin Hubble. Deşi era o întrunire academică, Lemaître a împletit fizica sa cu imagini poetice, revenind deseori la analogia cu focurile de artificii: „La începutul tuturor lucrurilor am avut focuri de artificii de o negrăită frumuseţe. Apoi a avut loc o explozie, iar cerurile s-au umplut de fum. Am ajuns pe lume prea târziu şi nu ne rămâne decât să ne închipuim cu puterea minţii splendoarea din ziua creaţiei."

Chiar dacă Einstein aşteptase probabil mai multe detalii matematice şi mai puţine înfloriturl, l-a omagiat pe Lemaître ca pe un deschizător de drumuri: „Aceasta e cea mai frumoasă şi mai satisfăcătoare explicaţie a creaţiei pe care am auzit-o vreodată." Era într-adevăr o laudă, mai ales că venea din partea unui om care, cu şase ani în urmă, spusese despre fizica lui Lemaître că e „lamentabilă".

Sprijinul lui Einstein a marcat pentru Lemaître începutul unei noi vieţi. Devenise o celebritate în lumea fizicii şi nu numai. La urma

* Şi totuşi, problema e departe de a fi tranşată. În ultimii ani au apărut dovezi că dilatarea universului nu e încetinită (cum prevede varianta iniţială a modelului big bang), ci accelerată — vezi şi epilogul cărţii de faţă. Acest fapt ar putea fi explicat prin existenţa unei constante cosmologice având ca efect o forţă de respingere. S-ar putea deci ca Einstein să se fi înşelat când şi-a renegat constanta cosmologică, deşi acum ea nu face ca universul să devină static, ci mai dinamic. (*N. t.*)

Figura 65 Albert Einstein şi Georges Lemaître la Pasadena, în 1933, cu ocazia seminarului despre observaţiile lui Hubble şi modelul big bang al universului.

urmei, el era cel care dovedise că Einstein s-a înşelat şi care avusese atâta clarviziune încât să prevadă expansiunea universului înainte ca telescoapele puternice să detecteze goana galaxiilor. Lemaître a fost invitat să vorbească pretutindeni în lume şi a primit numeroase distincţii internaţionale — se putea pe drept cuvânt mândri că era printre puţinii belgieni faimoşi. O parte din popularitatea sa se explica prin dublul statut de preot şi fizician. Duncan Aikman, jurnalistul de la *New York Times* care a prezentat întâlnirea de la Pasadena, scria: „Punctul lui de vedere este interesant şi important nu fiindcă e preot catolic, nici fiindcă e unul dintre marii fizicieni matematicieni, ci fiindcă e şi una şi alta."

La fel ca Galilei, Lemaître credea că Dumnezeu dăruise oamenilor o minte scrutătoare şi că El priveşte cu mândrie către cosmologia ştiinţifică. În acelaşi timp, Lemaître nu amesteca fizica şi religia, declarând că la baza cosmologiei sale nu stau credinţele lui religioase. „Sute de savanţi profesionişti şi amatori cred că Biblia se pretinde a fi un manual ştiinţific", spunea el. „E ca şi cum ai presupune că în teorema binomială trebuie să existe o veritabilă dogmă religioasă."

Şi totuşi, unii oameni de ştiinţă continuau să creadă că teologia influenţase negativ cosmologia preotului. Facţiunea antireligioasă spunea că teoria creaţiei pornind de la atomul primordial nu era decât o justificare pseudoştiinţifică a unui Creator, versiune modernă a Genezei. Pentru a submina poziţia lui Lemaître, aceşti critici puneau în evidenţă o problemă gravă în ipoteza big bang-ului, şi anume estimarea vârstei universului. Conform observaţiilor lui Hubble, măsurătorile privind distanţele până la stele şi vitezele acestora conduceau către un univers cu o vârstă mai mică de 2 miliarde de ani. Cercetările geologice estimaseră însă că vârsta unor roci de pe Pământ era de 3,4 miliarde de ani, iar astfel apărea un decalaj de cel puţin 1,4 miliarde de ani. Modelul big bang părea să ducă la concluzia că Pământul era mai bătrân decât universul.

Din perspectiva criticilor modelului big bang, neajunsul fundamental al teoriei lui Lemaître era faptul că în realitate universul nu avea o vârstă finită. Ei susţineau că universul era etern şi neschimbător, iar modelul big bang era o simplă aberaţie. Acesta continua să fie punctul de vedere al majorităţii savanţilor.

Comunitatea ştiinţifică nu se putea însă mărgini la atacuri asupra big bang-ului — ea trebuia şi să explice recentele observaţii în

Figura 66 Fritz Zwicky, inventatorul teoriei eronate a luminii obosite, care încerca să explice deplasarea galactică spre roşu observată de Hubble.

contextul modelului unui univers etern. Observaţiile lui Hubble indicau clar deplasarea spre roşu şi îndepărtarea galaxiilor, aşa încât criticii big bang-ului trebuiau să demonstreze că acestea nu implicau neapărat un moment al creaţiei în trecut.

Astrofizicianul Arthur Milne de la Oxford a fost printre primii care au găsit o explicaţie alternativă a legii lui Hubble, compatibilă cu un univers etern. În teoria lui, botezată *relativitate cinematică*, galaxiile aveau un spectru larg de viteze, unele deplasându-se încet prin spaţiu, iar altele foarte rapid. Milne susţinea că era normal ca galaxiile îndepărtate să fie cele mai rapide, aşa cum observase Hubble, fiindcă ajunseseră atât de departe doar din pricina vitezei. După Milne, faptul că galaxiile se îndepărtau cu o viteză proporţională cu distanţa nu era consecinţa exploziei unui atom primordial, ci rezulta firesc din mişcarea nestânjenită şi haotică a unor corpuri. Argumentul nu era infailibil, dar i-a încurajat pe alţi astronomi să privească deplasările spre roşu ale lui Hubble în cadrul unui univers etern.

Unul dintre cei mai înverşunaţi critici ai modelului big bang a fost Fritz Zwicky, născut în Bulgaria,* celebru printre cosmologi pentru excentricitatea şi caracterul său dificil. Fusese invitat la Caltech şi Mount Wilson de laureatul Nobel Robert Millikan, iar Zwicky i-a răsplătit această favoare declarând public că, în viaţa lui, Millikan nu avusese nici o singură idee bună. Toţi colegii erau ţinta jignirilor sale, iar mulţi dintre ei erau etichetaţi cu insulta lui preferată — „ticălos sferic". Aşa cum o sferă arată la fel când e privită din orice direcţie, ticălosul sferic era un om care, oricum l-ai privi, rămâne un ticălos.

Zwicky a examinat datele lui Hubble şi a pus sub semnul întrebării faptul că galaxiile se deplasează. Explicaţia sa alternativă pentru deplasările galactice spre roşu se baza pe ideea că tot ce e emis de către o planetă sau o stea pierde din energie. De pildă, dacă arunci o piatră în sus, ea se îndepărtează de suprafaţa Pământului având o anumită viteză şi o anumită energie, dar forţa gravitaţională a Pământului îi reduce energia cinetică, o încetineşte, până când piatra se opreşte şi cade înapoi pe Pământ. În mod asemănător, energia luminii provenind de la o galaxie va fi diminuată de forţa gravitaţională a galaxiei. Lumina nu poate încetini, pentru că viteza ei este constantă, aşa încât pierderea de energie se manifestă prin creşterea lungimii de undă, ceea ce face ca lumina să apară mai roşiatică. Cu alte cuvine, pentru deplasarea spre roşu observată de Hubble exista o altă explicaţie posibilă, care nu implica expansiunea universului.

Raţionamentul lui Zwicky conform căruia deplasările spre roşu erau provocate de pierderea energiei luminii datorată gravitaţiei galactice a primit numele de *teoria luminii obosite*. Neajunsul principal al teoriei lui era că nici o lege cunoscută a fizicii nu-i venea în sprijin. Calculele arătau că gravitaţia avea un efect asupra luminii şi provoca o deplasare spre roşu, numai că efectul era foarte mic şi nu putea explica observaţiile lui Hubble. Zwicky a pus sub semnul îndoielii observaţiile pretinzând că ar fi exagerate. A pus sub semnul îndoielii chiar şi integritatea lui Hubble şi Humason, lăsând să se înţeleagă că echipa lor ar fi abuzat de privilegiul de a controla cel mai bun telescop din

*Fritz Zwicky s-a născut la Varna în 1898. Părinţii lui erau elveţieni, iar tatăl lui fusese numit ambasadorul Bulgariei în Norvegia. Zwicky a studiat la Zürich, iar în 1925 a emigrat în Statele Unite. (*N. t.*)

lume. Zwicky afirma: „Sicofanții aflați printre tinerii lor asistenți puteau astfel să-și falsifice observațiile și să-și ascundă lacunele."

Deși acest comportament i-a atras dușmănia multor oameni de știință, au existat totuși câțiva care au aderat la teoria luminii obosite. Ei n-au fost descurajați nici măcar de fizica șchioapă din spatele teoriei lui, căci, ca savant, Zwicky poseda o carte de vizită impresionantă. Într-adevăr, el avea la activ cercetări fundamentale privind supernovele și stelele neutronice. A prezis chiar și existența *materiei întunecate*, o misterioasă entitate invizibilă, la început luată în derâdere, dar a cărei realitate e acum larg acceptată. Și teoria luminii obosite părea ridicolă, însă nu era exclus să fie validată.

Partizanii big bang-ului au respins fără eziatre ideea de lumină obosită. În cel mai fericit caz, spuneau ei, aceasta ar putea da socoteală doar pentru o fracțiune infimă din deplasarea spre roșu observată. Reprezentând tabăra big bang-ului, Arthur Eddington a rezumat ceea ce credea că e greșit în teoria lui Zwicky: „Lumina e un lucru ciudat — mai ciudat decât ne închipuiam acum douăzeci de ani —, dar mă îndoiesc să fie chiar atât de ciudată." Cu alte cuvinte, teoria relativității modificase perspectiva noastră asupra luminii, însă tot nu permitea explicarea deplasărilor spre roșu ale lui Hubble prin obosirea luminii.

Deși atacase teoria luminii obosite a lui Zwicky și susținuse lucrarea lui Lemaître, Eddington se sfia să tragă concluzii ferme cu privire la originea universului. El credea că ideile lui Lemaître erau importante și meritau să fie cunoscute de cât mai mulți, motiv pentru care scrisese despre ele în reviste de prestigiu și ajutase la traducerea lucrării belgianului, dar nu era pe deplin convins că universul întreg s-a născut brusc prin dezintegrarea unui atom primordial: „Filozofic vorbind, ideea unui început al ordinii actuale din natură îmi repugnă. Mi-ar plăcea să găsesc o cale de ieșire. [...] Ca savant, pur și simplu nu cred că universul a început cu o explozie [...] [ideea] mă lasă rece." Eddington simțea că modelul creației al lui Lemaître era „prea inestetic de abrupt".

În cele din urmă, Eddington a elaborat propria sa variantă a modelului lui Lemaître. A așezat la început un univers mic și compact, nu foarte diferit de atomul primordial al lui Lemaître. Apoi, în locul unei expansiuni bruște, a ales o expansiune treptată, care a fost accelerată pentru a se ajunge la expansiunea observată în zilele noastre. Expansiunea lui Lemaître era ca o bombă explodând brusc și violent;

expansiunea lui Eddington semăna mai curând cu declanşarea treptată a unei avalanşe. Un munte acoperit cu zăpadă ar putea fi stabil luni de-a rândul. Apoi, o uşoară pală de vânt face ca un fulg să disloce un cristal de gheaţă, care se rostogoleşte spre alt cristal, iar la rândul lui acesta se rostogoleşte şi formează un grăunte de zăpadă, apoi un mic bulgăre care sporeşte în greutate, adunând gheţă şi zăpadă de-a lungul pantei, până când încep să se prăbuşească fragmente mari de zăpadă, iar avalanşa se porneşte.

Eddington a explicat de ce prefera big bang-ului evoluţia treptată: „Există cel puţin o satisfacţie filozofică în a considera că lumea a evoluat infinit de încet pornind de la o distribuţie uniformă aflată în echilibru instabil."

Eddington susţinea de asemenea că versiunea sa putea explica felul în care a apărut ceva din nimic, printr-o logică, ce-i drept, discutabilă. Raţionamentul său începea cu premisa că universul existase dintotdeauna, şi dacă ne-am întoarce cu suficient de mult timp în urmă am găsi un univers compact, perfect neted, care dăinuise de-o veşnicie. Apoi, Eddington afirma că un asemenea univers era totuna cu nimicul: „Cred că *uniformitatea nediferenţiată* şi *nimicul* sunt, filozofic vorbind, unul şi acelaşi lucru." Cea mai mică fluctuaţie imaginabilă în univers — echivalentul unui fulg de nea care porneşte o avalanşă — ar fi rupt atunci simetria cosmosului şi ar fi declanşat un lanţ de evenimente conducând spre expansiunea pe care o vedem astăzi.

În 1933 Eddington a scris o carte de popularizare, *Universul în expansiune*, care îşi propunea să explice ultimele idei din cosmologie în doar 126 de pagini. El prezenta relativitatea generală, observaţiile lui Hubble, atomul primordial al lui Lemaître şi propriile sale idei, păstrând mereu un ton fantezist. Pe jumătate serios, pe jumătate în glumă, Eddington a răstălmăcit observaţiile lui Hubble: „Toate schimbările sunt relative. Universul se extinde relativ la standardele noastre materiale comune; standardele noastre materiale se contractă relativ la dimensiunea universului. Teoria «universului în expansiune» ar putea fi numită şi teoria «atomului în contractare». [...] Nu e oare universul în expansiune încă un exemplu de distorsiune provocată de perspectiva noastră egocentrică? Fără îndoială că universul ar trebui să fie standardul, iar noi ar trebui să ne măsurăm nestatornicia în raport cu el."

Într-o notă mai serioasă, Eddington a prezentat corect modelul big bang. A subliniat că existau importante raţiuni teoretice şi dovezi

observaționale convingătoare în favoarea unui moment al creației, dar că mai erau multe de făcut până când modelul big bang să fie larg acceptat. Deplasările spre roșu ale lui Hubble erau „un fir prea subțire pentru a atârna de el concluzii cuprinzătoare". Povara demonstrației cădea pe umerii susținătorilor modelului big bang, iar el îi încuraja să caute și mai multe dovezi care să le sprijine punctul de vedere.

Deși comunitatea științifică nu renunțase la perspectiva tradițională a unui univers etern și în mare măsură static, partizanii big bang-ului se pregăteau cu încredere pentru bătălia cea mare, conștienți că își puteau acum măsura forțele cu conservatorii. Cosmologia nu mai era dominată de mit, religie și dogmă, iar influența modelor ori a personalităților devenise mai slabă, căci puterea telescoapelor din secolul XX promitea efectuarea unor observații ce ar fi putut sprijini o teorie și distruge pe cealaltă.

Eddington însuși era optimist, sperând că una din versiunile modelului big bang va învinge în cele din urmă. Către sfârșitul cărții, el schița o imagine simplă dar plastică pentru a înfățișa starea modelului big bang la începutul anilor '30:

> Cât ar trebui să credem din această poveste? Știința își are saloanele de prezentare și atelierele ei. Publicul de azi, pe drept cuvânt, cred, nu se mai mulțumește să se plimbe prin saloanele de prezentare unde sunt expuse produsele testate; el cere să vadă ce se întâmplă în ateliere. Sunteți bine-veniți, dar nu judecați ce vedeți după standardele saloanelor de prezentare. Am vizitat împreună un atelier din subsolurile clădirii științei. Lumina e palidă, iar uneori ne împiedicăm. În jurul nostru e dezordine și mizerie, fiindcă n-a fost timp să se dea cu mătura. Muncitorii și mașinile lor stau în întuneric. Cred că totuși aici s-a făurit ceva — poate ceva foarte însemnat. Nu prea știu cum va arăta când va fi gata lustruit pentru a fi prezentat în salon.

De la cosmic la atomic

Pentru ca modelul big bang să fie acceptat, trebuia să se răspundă la o întrebare aparent inofensivă, dar inevitabilă: de ce unele substanțe sunt mai răspândite decât altele? Dacă privim spre propria noastră planetă, vedem că nucleul Pământului e alcătuit din fier, crusta e dominată de oxigen, siliciu, aluminiu și fier, oceanele sunt în mare parte

alcătuite din hidrogen şi oxigen (apa, H_2O), iar atmosfera în principal din azot şi oxigen. Dacă ne aventurăm mai departe, constatăm că această distribuţie nu se regăseşte la scară cosmică. Folosind spectroscopia pentru a studia lumina provenită de la stele, astronomii au înţeles că hidrogenul era de departe cel mai abundent element din univers. Această concluzie a fost prinsă în versiunea modernă a unei celebre poezii pentru copii:

Steluţa mea ce străluceşti,
Eu nu mă mai întreb ce eşti;
Ca spectroscopic specimen,
Eu ştiu că tu eşti hidrogen;
Steluţa mea ce străluceşti,
Eu nu mă mai întreb ce eşti.

Al doilea element în ordinea abundenţei din univers este heliul, iar hidrogenul şi heliul împreună domină copleşitor universul. Acestea sunt în acelaşi timp şi elementele cele mai mici şi mai uşoare, aşa încât astronomii au aflat că în univers predomină atomii mici şi nu atomii mari. Măsura acestei discrepanţe e subliniată de următoarea listă a abundenţelor cosmice exprimate în număr de atomi. Valorile se bazează pe măsurători recente, nu foarte diferite de valorile estimate în anii '30:

Element	**Abundenţă relativă**
Hidrogen	10 000
Heliu	1 000
Oxigen	6
Carbon	1
Toate celelalte	mai puţin de 1

Cu alte cuvinte, hidrogenul şi heliul împreună reprezintă 99,9% din atomii întregului univers. Cele mai uşoare două elemente sunt extrem de abundente, pentru ca următorii atomi în ordinea masei să fie mult mai puţin răspândiţi, iar atomii cei mai grei, cum ar fi aurul şi platina, să fie extrem de rari.

Savanţii au început să se întrebe de ce aceste discrepanţe uriaşe între abundenţa elementelor uşoare şi a celor grele. Partizanii modelului unui univers etern nu puteau da un răspuns lămurit; ei continuau

să susțină că universul conținuse dintotdeauna elementele în proporțiile lor actuale, iar acestea vor rămâne neschimbate pe veci. Spectrul abundențelor era pur și simplu o proprietate intrinsecă a universului. Nu era un răspuns prea mulțumitor, dar avea o oarecare coerență.

Misterul abundențelor era însă mai problematic pentru partizanii big bang-ului. Dacă universul evoluase din momentul creației, de ce în această evoluție se generase mai curând hidrogen și heliu decât aur și platină? Ce anume, în procesul creației, favorizase elementele ușoare în detrimentul celor grele? Oricare ar fi fost explicația, partizanii big bang-ului trebuiau s-o găsească și să arate că era compatibilă cu modelul big bang. O teorie cosmologică rezonabilă trebuia să explice cum a ajuns universul în starea lui de azi, altminteri ar fi eșuat.

Investigarea acestei probleme presupunea o abordare diferită de toate cercetările cosmice de până atunci. În trecut, cosmologii se concentraseră asupra universului la scară mare. Ei făcuseră apel, de pildă, la relativitatea generală, teoria care descrie forța cu rază lungă de acțiune a gravitației dintre uriașele corpuri cerești. Ei foloseau telescoape gigantice pentru a privi imensele galaxii aflate la mari distanțe. Atacând însă problema abundențelor cosmice, savanții aveau nevoie de noi teorii și aparate pentru a descrie și sonda microcosmosul.

Înainte de a ne aventura în această parte a poveștii despre big bang, trebuie să facem un pas înapoi în timp și să spunem câteva cuvinte despre istoria modernă a atomului. Această secțiune prezintă povestea fizicienilor care au pus bazele fizicii atomice, cei ale căror cercetări le-au permis partizanilor big bang-ului să explice de ce universul e plin de hidrogen și heliu.

Încercările de a înțelege atomul au primit un imbold prin descoperirea, în 1896, a fenomenului *radioactivității*. Chimiștii și fizicienii au fost surprinși să descopere că unii atomi grei, cum ar fi uraniul, sunt radioactivi, adică pot emite spontan cantități mari de energie sub formă de radiație. La început, nimeni nu putea înțelege ce era cu această radiație și ce anume o provoca.

Marie și Pierre Curie s-au aflat în linia întâi a cercetărilor asupra radioactivității. Ei au descoperit și alte elemente radioactive, între care radiul, de un milion de ori mai radioactiv decât uraniul. Emisiile radioactive ale radiului sunt în cele din urmă absorbite de materialele din jur, iar energia e transformată în căldură. Un kilogram de radiu generează suficientă energie pentru a fierbe un litru de apă în jumătate

de oră, iar, ceea ce e şi mai impresionant, radioactivitatea continuă aproape nealterată — aşa încât un singur kilogram poate fierbe câte un litru de apă la fiecare 30 de minute, în mod repetat, vreme de mii de ani. Deşi radiul îşi eliberează energia foarte încet în comparaţie cu un explozibil, el degajă în cele din urmă de un milion de ori mai multă energie decât aceeaşi masă de dinamită.

Timp de mai mulţi ani nimeni nu a fost cu adevărat conştient de pericolele implicate de radioactivitate, iar substanţele precum radiul erau privite cu un optimism naiv. Sabin von Sochocky de la US Radium Corporation prezicea chiar că radiul va fi folosit ca sursă casnică de energie: „Va veni fără îndoială ziua în care veţi avea chiar în casa dumneavoastră o cameră luminată numai cu radiu. Lumina, răspândită de radiul cu care sunt zugrăviţi pereţii şi tavanul, va fi asemenea blândei străluciri a lunii."

Soţii Curie au suferit amândoi leziuni, dar şi-au continuat cercetările. Caietele lor cu însemnări au devenit atât de radioactive după ani de expunere la radiu, încât au trebuit mai târziu să fie depozitate în cutii de plumb. Atât de des se acopereau cu praf de radiu mâinile lui Marie, încât degetele ei au lăsat urme radioactive invizibile pe paginile caietelor, iar un film fotografic aşezat între file ar putea înregistra şi acum amprentele ei. În cele din urmă, Marie a murit de leucemie.

Marile sacrificii făcute de soţii Curie în strâmtul lor laborator parizian dovedesc înfiorătoarea lipsă de înţelegere privind cele ce se petreceau în interiorul atomului. Savanţii păreau să fi făcut un pas înapoi în cunoaştere — cu abia câteva decenii în urmă pretinseseră că înţeleg complet cărămizile elementare ce alcătuiesc materia graţie tabelului periodic. În 1869, chimistul rus Dimitri Mendeleev alcătuise o schemă cuprinzând toate elementele cunoscute la acea vreme, de la hidrogen la uraniu. Combinând atomii diverselor elemente din tabelul periodic în proporţii diferite, puteau fi construite molecule şi putea fi explicat fiecare material de sub Soare, din Soare şi de dincolo de Soare. De pildă, doi atomi de hidrogen plus un atom de oxigen alcătuiau o moleculă de apă, H_2O. Lucrurile acestea rămâneau în linii mari adevărate, numai că soţii Curie au demonstrat că exista o sursă puternică de energie în interiorul anumitor atomi, iar tabelul periodic nu putea explica acest fenomen. Nimeni n-avea idee despre ce se întâmpla de fapt în adâncul atomului. Savanţii din secolul al XIX-lea îşi închipuiseră atomii ca pe nişte sfere simple, dar trebuia să existe ceva mai complicat în structura atomică pentru a explica radioactivitatea.

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun								

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Figura 67 Tabelul periodic include toate elementele chimice, cărămizile constitutive ale materiei. Ele ar putea fi aşezate pe o singură linie, de la cel mai uşor la cel mai greu (1 hidrogen, 2 heliu, 3 litiu, 4 beriliu etc.), dar aranjarea lor sub formă de tabel e mult mai sugestivă. Tabelul periodic grupează elementele aşa încât să reflecte proprietăţile comune. De pildă, coloana din extrema dreaptă conţine aşa-numitele gaze nobile (heliu, neon etc.), ai căror atomi reacţionează foarte rar cu alţi atomi pentru a forma molecule. În ciuda rolului jucat în înţelegerea reacţiilor dintre elemente, tabelul periodic nu spunea nimic despre cauza radioactivităţii.

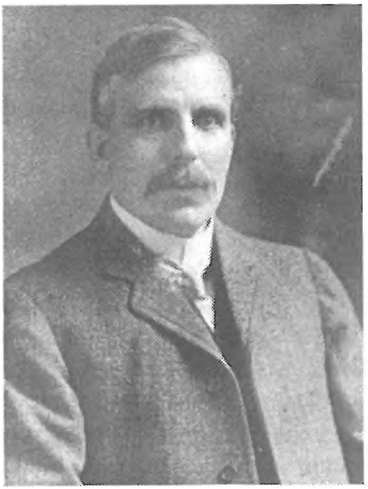
Unul dintre fizicienii care au abordat această problemă a fost neozeelandezul Ernest Rutherford. Era iubit de colegi şi studenţi, dar în acelaşi timp era cunoscut ca un om autoritar şi aspru, dominat de accese de furie şi gata oricând să-şi demonstreze aroganţa. După Rutherford, de pildă, fizica era singura ştiinţă importantă. Credea că ea oferă o înţelegere profundă şi raţională a universului, în vreme ce toate celelalte ştiinţe se ocupau cu măsurători şi clasificări. Odată a spus: „Tot ce e ştiinţă e ori fizică, ori filatelie." Acest comentariu dovedind îngustime de spirit a fost făcut public în 1908, când Comitetul Nobel i-a acordat premiul pentru chimie.

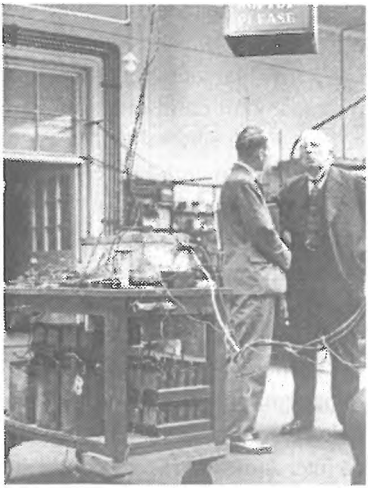
În anii 1900, pe vremea când Rutherford şi-a început cercetările, imaginea atomului era ceva mai complexă decât simpla sferă lipsită de structură imaginată în secolul al XIX-lea. Acum se presupunea că atomii conţin două ingrediente, un material cu sarcină electrică

pozitivă şi unul cu sarcină negativă. Sarcinile opuse se atrag, motiv pentru care aceste materiale rămâneau legate în interiorul atomului. Apoi, în 1904, eminentul fizician de la Cambridge J.J. Thomson a rafinat reprezentarea, dând ceea ce avea să fie cunoscut sub numele de „modelul plăcintă cu stafide": atomul e alcătuit dintr-un număr de particule negative înglobate într-un material încărcat pozitiv, ca un fel de aluat, după cum se vede în figura 69.

O formă de radioactivitate implica emisia de radiaţie alfa, ce părea să fie constituită din particule încărcate pozitiv cunoscute sub numele de *particule alfa*. Faptul putea fi probabil explicat prin ruperea atomilor în fragmente de aluat pozitiv. Pentru a testa această ipoteză, precum şi întregul model „plăcintă cu stafide", Rutherford s-a hotărât să vadă ce se întâmplă dacă ia particulele alfa emise de un set de atomi

Figura 68 În stânga, Ernest Rutherford în jurul vârstei de treizeci de ani. Îi disprețuia pe chimiști, lucru nu tocmai rar printre fizicieni. De exemplu, laureatul Nobel Wolfgang Pauli s-a înfuriat când soția l-a părăsit pentru un chimist: „Dacă lua un toreador, mai înțelegeam, dar un nenorocit de chimist..." A doua fotografie îl prezintă pe Rutherford la o vârstă ceva mai înaintată, împreună cu colegul său John Ratcliffe la Laboratorul Cavendish. Inscripția vorbiți încet, vă rugăm (*talk softly please*), din partea de sus a fotografiei, îi era destinată lui Rutherford, care avea obiceiul să cânte cât îl ținea gura „Onward Christian Soldiers", perturbând astfel echipamentul sensibil din laborator.





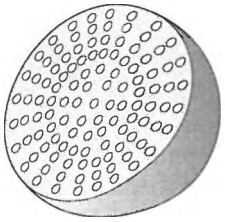


Figura 69 Această secțiune transversală prezintă modelul plăcintă cu stafide al lui J.J. Thomson: fiecare atom e alcătuit dintr-un număr de particule negative (stafidele) înglobate într-un aluat de sarcină pozitivă. Un atom de hidrogen ar avea o singură particulă negativă înconjurată de o cantitate mică de aluat pozitiv, în timp ce un atom de aur ar avea multe particule negative înglobate într-o mai mare cantitate de aluat pozitiv.

și lovește cu ele un alt set de atomi. Cu alte cuvinte, voia să folosească particulele alfa pentru a sonda atomul.

În 1909, Rutherford i-a însărcinat pe doi tineri fizicieni, Hans Geiger și Ernest Marsden, să efectueze experimentul. Geiger avea să devină mai târziu celebru pentru inventarea unui detector de radiație, contorul Geiger, dar deocamdată cei doi fizicieni trebuiau să se descurce cu un echipament foarte rudimentar. Singurul mijloc de a detecta prezența particulelor alfa era plasarea unui ecran din sulfură de zinc în locul unde se presupunea că ele vor sosi. Particulele alfa ar fi emis o scânteie minusculă la impactul cu sulfura de zinc, iar, pentru a vedea scânteia, Geiger și Marsden trebuiau ca vreme de treizeci de minute să-și obișnuiască ochii cu întunericul absolut. Chiar și în acest caz, ei urmau să privească ecranul printr-un microscop.

O componentă-cheie a experimentului era proba de radiu care împrăștia particule alfa în toate direcțiile. Geiger și Marsden au înconjurat radiul cu un strat de plumb în care au practicat o mică deschizătură, obținând astfel un fascicul controlat de particule alfa. Au plasat apoi o foiță de aur în calea fasciculului, pentru a vedea ce se întâmplă când particulele alfa lovesc atomii de aur, după cum se vede în figura 70.

Particulele alfa sunt încărcate pozitiv, iar atomii sunt un amestec de sarcini negative și pozitive; sarcinile de același semn se resping, cele de semn contrar se atrag. Prin urmare, Geiger și Marsden sperau ca interacțiile dintre particulele alfa și atomii de aur să ofere o informație

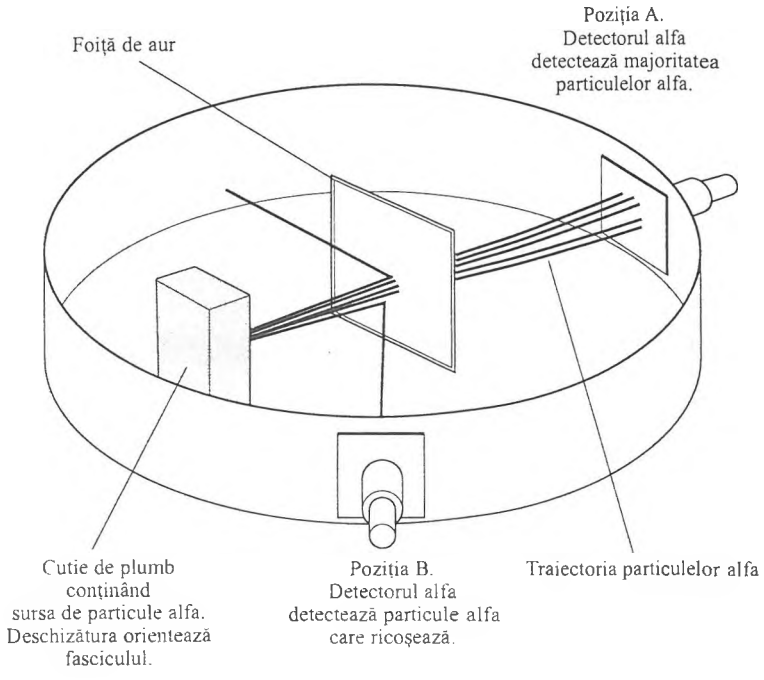


Figura 70 Ernest Rutherford le-a cerut colegilor săi Hans Geiger și Ernest Marsden să studieze structura atomului folosind particule alfa. Ca sursă de particule alfa, în experiment se folosea o sursă de radiu. O deschizătură în stratul de plumb care înconjura sursa îndrepta fasciculul spre o foiță de aur, iar un detector alfa putea fi deplasat în diferite poziții în jurul foiței de aur pentru a urmări împrăștierea particulelor alfa.

Marea majoritate a particulelor treceau prin foița de aur, fiind foarte puțin sau deloc deviate, și loveau detectorul în poziția A. Rezultatul era conform cu modelul „plăcintă cu stafide" al lui Thomson, în care particulele negative sunt răspândite uniform într-un aluat pozitiv.

În unele cazuri însă, particulele ricoșau înapoi într-o manieră absolut surprinzătoare și erau colectate de detector când acesta era deplasat în poziția B. Faptul i-a sugerat lui Rutherford noul său model atomic.

privind distribuția de sarcini în interiorul atomilor de aur. De pildă, dacă atomii de aur erau într-adevăr alcătuiți din particule negative răspândite într-un aluat pozitiv, particulele alfa urmau să fie ușor deviate, deoarece ar fi întâlnit un amestec de sarcini uniform distribuite. Într-adevăr, când Geiger și Marsden au plasat ecranul din sulfat de zinc de cealaltă parte a foiței în raport cu proba de radiu, ei au observat doar o deviere minimă a traiectoriilor particulelor alfa.

Apoi Rutherford a cerut ca detectorul să fie plasat de aceeași parte a foiței ca și sursa de radiu „doar ca să vedem ce iese ". Ideea era de a căuta particulele alfa care ar fi ricoșat din foița de aur. Dacă Thomson avea dreptate, atunci n-ar fi trebuit să fie detectat nimic, fiindcă amestecul de sarcini din plăcinta cu stafide a atomului nu putea avea un efect atât de puternic asupra unei particule alfa incidente. Geiger și Marsden însă au fost uimiți de ce-au văzut. Ei au detectat într-adevăr particule alfa care păreau să fi ricoșat din atomii de aur. Ce-i drept, doar o particulă din 8 000 ricoșa înapoi, dar aceasta contrazicea modelul lui Thomson.

Pentru neinițiați putea părea un simplu experiment, între atâtea altele, cu un rezultat ciudat, neașteptat. Pentru Rutherford, care ajunsese la o înțelegere profundă, organică a ceea ce trebuia să fie atomul, a fost un șoc teribil: „A fost cel mai incredibil lucru care mi s-a întâmplat vreodată. La fel de incredibil ca și cum, dacă ai trage cu un obuz de 15 țoli într-o foiță de hârtie, obuzul ar ricoșa și te-ar lovi."

Rezultatul părea imposibil dacă atomul arăta ca o plăcintă cu stafide. Prin urmare, experimentul l-a convins pe Rutherford să abandoneze modelul lui Thomson și să conceapă un model cu totul nou al atomului, care să dea socoteală pentru ricoșeul particulelor alfa. S-a luptat cu această problemă și în cele din urmă a găsit o structură atomică ce părea să aibă sens. Rutherford a oferit o reprezentare a atomului care a rămas valabilă în linii mari până în zilele noastre.

Modelul lui Rutherford concentra întreaga sarcină pozitivă în particule numite *protoni*, care se aflau în centrul atomului, într-o regiune numită *nucleu*. Particulele încărcate negativ, numite *electroni*, se roteau în jurul nucleului și erau menținute în atom prin forța de atracție dintre sarcinile lor negative și sarcinile pozitive din nucleu, după cum se vede în figura 71. Acest model e cunoscut și sub numele de model planetar al atomului, fiindcă electronii se rotesc în jurul nucleului la fel ca planetele în jurul Soarelui. Electronii și protonii au sarcini egale și de semn opus, iar fiecare atom conține un număr

egal de electroni și protoni, așa încât atomul lui Rutherford are o sarcină totală nulă, adică e neutru.

Numărul protonilor și electronilor e esențial, fiindcă el definește tipul atomului, iar acesta este numărul care apare în dreptul fiecărui atom din tabelul periodic (figura 67, p. 258). Hidrogenul e etichetat cu numărul atomic 1, pentru că atomii lui au un electron și un proton; heliul are numărul atomic 2, fiindcă atomii lui au doi electroni și doi protoni etc.

Rutherford bănuia că nucleul mai conține și un tip de particulă fără sarcină electrică, ceea ce avea să fie confirmat mai târziu; *neutronul* are aproape aceeași masă ca protonul, dar nu are sarcină. După cum se arată în figura 71, numărul neutronilor din nucleu poate varia, dar, atâta timp cât numărul protonilor din atom rămâne același, avem de-a face cu același tip de element. De exemplu, majoritatea atomilor de hidrogen nu conțin neutroni, însă există și atomi care au unul sau doi neutroni și poartă numele de deuteriu, respectiv tritiu. Atât hidrogenul simplu, cât și deuteriul și tritiul sunt forme ale hidrogenului fiindcă toți conțin un proton și un electron și poartă numele de *izotopi* ai hidrogenului.

Deși dimensiunea atomilor variază în funcție de numărul de protoni, neutroni și electroni, în general diametrul lor e ceva mai mic decât o miliardime de metru. Experimentul de împrăștiere al lui Rutherford sugera însă că nucleul are un diametru încă de 100 000 de ori mai mic. Ca volum, nucleul atomului reprezintă doar $(1/100\ 00)^3$ sau 0,0000000000001 din întregul atom.

Iată un fapt remarcabil: atomii, care alcătuiesc tot ce e solid și tangibil în lumea din jurul nostru, conțin aproape în întregime spațiu gol. Dacă un singur atom de hidrogen ar fi mărit pentru a umple o sală de concert, cum e Royal Albert Hall din Londra, nucleul ar fi de dimensiunea unui purice în mijlocul golului imens al sălii și ar apărea totuși ca un uriaș în comparație cu încă și mai micul electron care ar cutreiera undeva prin sală. De asemenea, protonul și neutronul sunt fiecare de aproape 2 000 de ori mai grei decât electronul și, aflându-se în nucleul minuscul, fac ca 99,95 % din masa atomului să fie concentrată în doar 0,0000000000001 % din volumul lui.

Acest nou model atomic oferea o perfectă explicație pentru rezultatele experimentului lui Rutherford. Din moment ce partea cea mai mare a atomului este formată din spațiu gol, la trecerea prin foița de aur marea majoritate a particulelor alfa suferă doar o ușoară deviere.

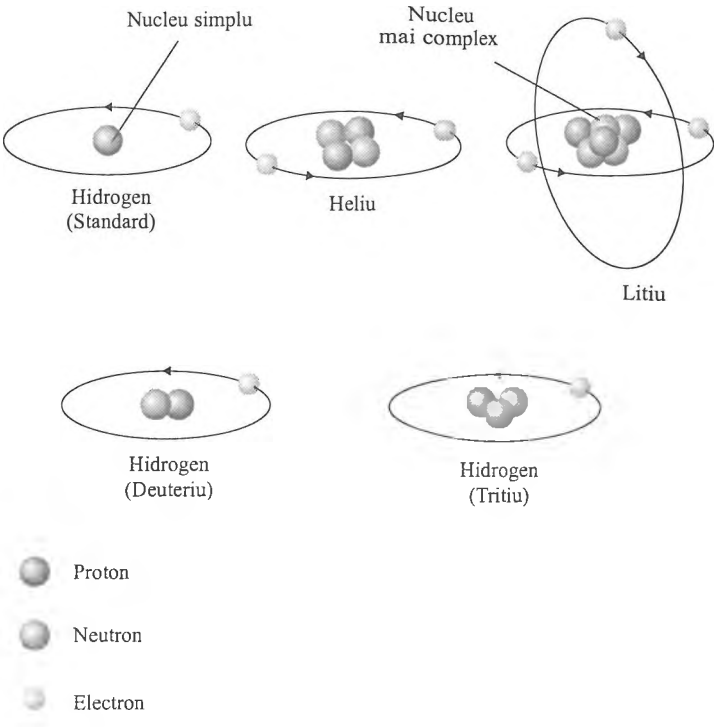


Figura 71 Modelul atomic al lui Rutherford are protonii încărcați pozitiv într-un nucleu central, înconjurat de electronii negativi ce se rotesc în jurul lui. Aceste schițe nu sunt desenate la scară, fiindcă diametrul nucleului este de aproximativ 100 000 de ori mai mic decât diametrul atomului. Numărul protonilor este egal cu numărul electronilor, iar acest număr atomic este același pentru toți atomii unui anumit element și determină poziția lui în tabelul periodic (figura 67). Atomii de hidrogen au un electron și un proton, atomii de heliu au doi electroni și doi protoni, atomii de litiu au trei electroni și trei protoni etc.

Numărul neutronilor din nucleu poate varia, dar, atâta timp cât numărul protonilor rămâne neschimbat, atomul aparține aceluiași element chimic. De exemplu, cei mai mulți atomi de hidrogen nu conțin neutroni, dar există și atomi care au un neutron și poartă numele de deuteriu, precum și atomi care au doi neutroni și poartă numele de tritiu. Hidrogenul simplu, deuteriul și tritiul sunt izotopi ai hidrogenului.

O mică fracțiune din particulele alfa încărcate pozitiv se ciocnesc însă frontal cu sarcina pozitivă concentrată în nucleul atomic, ceea ce provoacă ricoşeul lor puternic. Aceste două forme de interacțiune sunt ilustrate în figura 72. Inițial, rezultatele experimentului lui Rutherford păruseră absolut imposibile, dar cu noul model totul devenea limpede.* „Întreaga fizică e sau imposibilă, sau banală. E imposibilă până o înțelegi, apoi devine banală", a spus odată Rutherford.

Rămânea o singură problemă: nu exista încă nici o dovadă privind existența neutronilor lui Rutherford, presupuşi a sta alături de protoni în nucleul atomic. Piesa lipsă din mozaicul atomic era greu de identificat fiincă neutronii erau electric neutri, spre deosebire de protonul încărcat pozitiv şi electronul încărcat negativ. James Chadwick, unul din protejații lui Rutherford, s-a hotărât să demonstreze existența lor. Era atât de obsedat de noua ştiință a *fizicii nucleare*, încât şi-a continuat cercetările chiar şi în cursul celor patru ani de prizonierat petrecuți în Germania, în timpul Primului Război Mondial. Ştia că o anume marcă de pastă de dinți conținea toriu radioactiv — se presupunea că făcea dinții să strălucească — şi a izbutit să subtilizeze câteva tuburi de la paznici pentru a o folosi în experimente. Chadwick n-a făcut mari progrese în experimentele lui cu pastă de dinți, dar, după ce s-a întors în laboratorul său la sfârşitul războiului, a muncit din greu timp de încă un deceniu, iar în cele din urmă, în 1932, a găsit ingredientul lipsă al atomului. Uşa deschisă în stânga fotografiei din figura 68 (p. 259) ducea de fapt către laboratorul unde Chadwick a descoperit neutronul.

Înarmați cu o înțelegere corectă a structurii şi componenților atomului, fizicienii puteau în fine lămuri cauza radioactivității care fusese studiată de Pierre şi Marie Curie. Fiecare nucleu atomic e alcătuit din protoni şi neutroni, iar acești ingredienți puteau intra sau ieşi din nuclee, astfel încât un atom să se transforme într-altul. Acesta era mecanismul pe care se baza radioactivitatea.

---

* În realitate, raționamentele lui Rutherford au fost ceva mai complicate. Ricoşeul (sau, în termeni tehnici, retroîmprăştierea) particulelor alfa s-ar fi putut explica şi prin interacțiuni multiple cu „aluatul" pozitiv al atomilor din modelul lui Thomson, numai că probabilitatea unui asemenea scenariu era incomparabil mai mică decât indicau rezultatele experimentale. Pentru o analiză a problemelor cu care s-au confruntat fizicienii experimentatori care au determinat, la începutul secolului XX, structura atomului, vezi cartea lui Steven Weinberg *Descoperirea particulelor subatomice* (Humanitas, 2007). (*N. t.*)

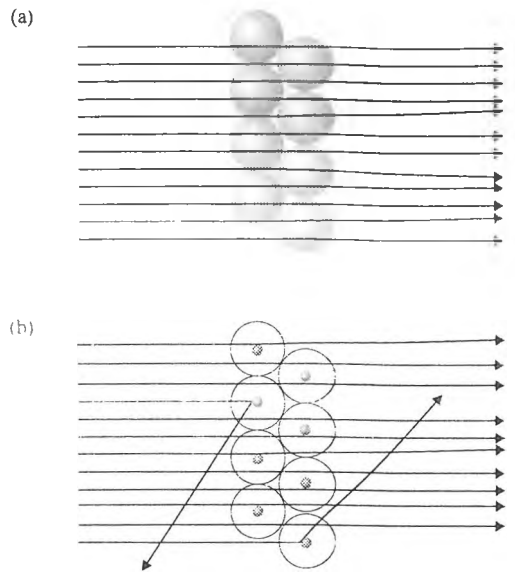


Figura 72 Rezultatele experimentului efectuat de Geiger și Marsden arătau că o mică fracțiune din particulele alfa erau împrăștiate înapoi când loveau foița de aur. În cadrul modelului plăcintă cu stafide al lui Thomson, faptul era inexplicabil. Desenul (a) prezintă o foiță de aur alcătuită din atomi plăcintă cu stafide. Aluatul pozitiv în care sunt răspândite particulele-stafide negative are o distribuție de sarcină omogenă, așa încât particulele alfa încărcate pozitiv sunt foarte puțin deviate.

Desenul (b) prezintă o foiță de aur alcătuită din atomi în modelul lui Rutherford, ceea ce explică ricoșeul particulelor alfa. Majoritatea particulelor alfa rămân nedeviate, fiindcă cea mai mare parte a atomului e goală. Însă, dacă o particulă alfa lovește sarcina pozitivă concentrată a nucleului, ea e puternic deviată.

De pildă, nucleele atomilor grei, cum ar fi radiul, sunt foarte mari. Nucleele de radiu studiate de soții Curie conțineau 88 de protoni și 138 de neutroni, iar asemenea nuclee mari sunt deseori instabile și, prin urmare, predispuse să se transforme în nuclee mai mici. În cazul radiului, nucleul emite o pereche de protoni și o pereche de neutroni sub forma unei particule alfa (care este de fapt nucleul atomului de heliu), transformându-se astfel într-un nucleu de radon alcătuit din 86 de protoni și 136 de neutroni, după cum se vede în figura 73. Procesul în care un nucleu mare se desface în nuclee mai mici poartă numele de *fisiune*.

Deşi în mod curent asociem reacţiile nucleare cu nucleele foarte grele, ele se petrec şi cu atomi uşori cum e hidrogenul. Putem transforma în heliu nucleele de hidrogen şi neutronii, contopindu-i printr-un proces numit *fuziune*. Hidrogenul e relativ stabil, aşa încât acest proces nu are loc spontan, dar în condiţii de temperatură şi presiune înalte hidrogenul va fuziona pentru a forma heliu. Reacţia e posibilă datorită faptului că heliul e mai stabil decât hidrogenul, iar nucleele au tendinţa de a atinge stabilitatea maximă posibilă.

În general, cei mai stabili atomi sunt cei aflaţi la mijlocul tabelului periodic, de pildă fierul, având în nucleu un număr mediu de protoni şi neutroni. Prin urmare, în timp ce nucleele cele mai mari pot fisiona, iar cele mai mici pot fuziona, marea majoritate a nucleelor de dimensiuni medii nu suferă practic nici o reacţie nucleară.

Deşi explică mecanismul reacţiilor nucleare şi motivul pentru care radiul e radioactiv (iar fierul nu), aceasta nu lămureşte de ce soţii Curie au detectat cantităţi atât de mari de energie la fisiunea radiului. Reacţiile nucleare sunt bine cunoscute pentru cantităţile de energie eliberate, dar de unde provine această energie?

Răspunsul se află în teoria relativităţii speciale, mai exact într-un aspect pe care nu l-am pomenit în capitolul 2. Când Einstein a analizat viteza luminii şi a înţeles ce consecinţe are asupra spaţiului şi timpului, el a dedus de asemenea cea mai celebră ecuaţie din fizică: $E = mc^2$. În esenţă, ea spune că energia (E) şi masa (m) sunt echivalente şi se pot transforma una într-alta cu un factor de conversie de c^2, unde c este viteza luminii. Viteza luminii este 3×10^8 m/s, aşa încât c^2 este 9×10^{16} (m/s)^2, ceea ce înseamnă că o infimă cantitate de masă poate fi convertită într-o uriaşă cantitate de energie.

Într-adevăr, energia eliberată în cursul reacţiilor nucleare provine direct din conversia unor cantităţi minuscule de masă în energie. Când un nucleu de radiu se transformă într-un nucleu de radon şi o particulă alfa, suma maselor produşilor de reacţie e mai mică decât masa nucleului de radiu. Pierderea de masă reprezintă doar 0,0023 %, aşa încât 1 kg de radiu e convertit în 0,999977 kg de radon şi particule alfa. Deşi pierderea de masă e infimă, factorul de conversie (c^2) e uriaş, deci cele 0,000023 kg lipsă sunt convertite în mai bine de 2×10^{12} jouli de energie, echivalentul energetic a 400 de tone de TNT. În cazul fuziunii, energia e eliberată exact în acelaşi mod, cu deosebirea că, de regulă, cantitatea de energie e încă şi mai mare. O bombă

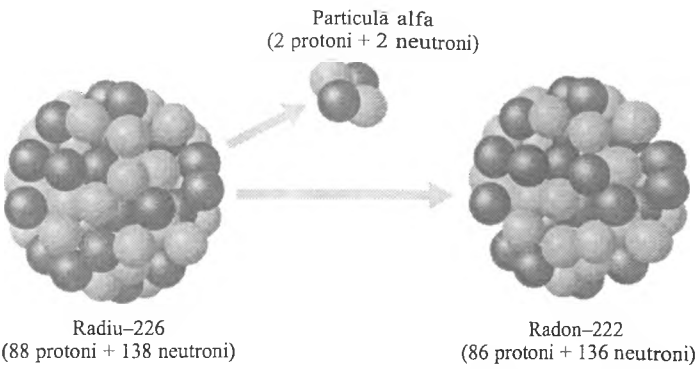


Figura 73 Există mai mulți izotopi ai radiului, dar acest nucleu este cel mai răspândit și poartă numele de radiu–226, pentru că e alcătuit din 88 de protoni și 138 de neutroni, în total 226 de particule. Nucleul de radiu e mare, deci extrem de instabil, așa încât suferă o fisiune, în urma căreia eliberează doi neutroni și doi protoni sub forma unei particule alfa, transformându-se într-un nucleu mai mic, de radon, care la rândul lui e instabil.

de fuziune cu hidrogen e mult mai devastatoare decât o bombă de fisiune cu plutoniu.

A trecut ceva timp de când astronomia și cosmologia n-au mai fost menționate în acest capitol, dar a trebuit să prezentăm descoperirile din fizica atomică și nucleară, fiindcă ele aveau să joace un rol crucial în testarea modelului big bang. Modelul nuclear al lui Rutherford și înțelegerea reacțiilor nucleare (fisiune și fuziune) rezultată din el au deschis o nouă cale către studiul cerului. Înainte de a reveni la subiectul nostru principal, iată un rezumat al ideilor esențiale dezvăluite de fizica nucleară:

1. Atomii sunt alcătuiți din electroni, protoni și neutroni.
2. Protonii și neutronii ocupă centrul atomului, nucleul.
3. Electronii se rotesc în jurul nucleului atomic.
4. Nucleele mari sunt deseori instabile și se pot rupe (fisiune).
5. Nucleele mici sunt mai stabile, dar se pot contopi (fuziune).
6. Nucleele rezultate din fisiune/fuziune cântăresc mai puțin decât nucleele inițiale.
7. Prin relația $E = mc^2$, această pierdere de masă conduce la eliberarea de energie.

8. Nucleele medii sunt mai stabile, suferind rareori reacții.
9. Chiar și nucleele foarte ușoare sau foarte grele au nevoie uneori de energii și presiuni mari pentru a suferi reacții de fuziune sau fisiune.

Unul dintre primii savanți care au legat de astronomie aceste reguli ale fizicii nucleare a fost un fizician curajos și cu convingeri ferme pe nume Fritz Houtermans, bine cunoscut pentru farmecul și umorul lui. Este, poate, singurul fizician ale cărui glume au fost adunate și publicate într-o broșură de patruzeci de pagini. Mama lui era pe jumătate evreică, iar atunci când se întâmpla să audă remarci antisemite răspundea: „Pe vremea când strămoșii tăi mai trăiau în copaci, ai mei falsificau deja cecuri."

Houtermans s-a născut în 1903 la Zoppot, în apropierea portului german Danzig, la acea epocă, azi Gdansk, în Polonia. Părinții lui s-au mutat la Viena, unde Houtermans și-a petrecut copilăria, pentru ca apoi să se întoarcă în Germania, să studieze fizica la Göttingen în anii '20 și să rămână acolo după ce a obținut un post de cercetător. Lucrând alături de savantul britanic Robert d'Escourt Atkinson, a început să-l fascineze gândul că fizica nucleară putea fi folosită pentru a explica arderea Soarelui și a celorlalte stele.

Se știa că Soarele e alcătuit în principal din hidrogen și în parte din heliu, așa încât era firesc să presupui că energia generată de Soare provenea din reacțiile nucleare prin care hidrogenul se transformă în heliu. Nimeni nu observase vreodată fuziunea nucleară pe Pământ, prin urmare detaliile mecanismului nu erau clare. Se știa însă că, dacă hidrogenul ar fi cumva transformat în heliu, scăderea masei ar fi de aproximativ 0,7%: 1 kg de hidrogen ar arde producând 0,993 kg de heliu, pierderea de masă fiind de 0,007 kg. Pare o mică pierdere în masă, dar formula lui Einstein $E = mc^2$ explică de ce o pierdere aparent mică de masă produce o cantitate imensă de energie:

$$\text{Energie} = mc^2 = \text{masa} \times (\text{viteza luminii})^2$$
$$= 0{,}007 \times (3 \times 10^8)^2 = 6{,}3 \times 10^{14} \text{ jouli.}$$

Deci, în teorie, 1kg de hidrogen putea fi ars pentru a produce 0,993 kg de heliu și genera o energie de $6{,}3 \times 10^{14}$ jouli, adică energia care s-ar obține arzând 100 000 tone de cărbune.

Principala problemă care îl frământa pe Houtermans era dacă în Soare erau îndeplinite condițiile necesare declanșării fuziunii. După cum am arătat mai sus, reacțiile de fuziune nu pot avea loc spontan, ele necesită temperaturi și presiuni înalte fiindcă e nevoie de un aport inițial de energie pentru a declanșa reacția. În cazul fuziunii a două nuclee de hidrogen, energia trebuie să învingă respingerea electrostatică. Un nucleu de hidrogen e un proton cu sarcină pozitivă, deci el va respinge un alt nucleu de hidrogen fiindcă sarcinile de același semn se resping. Dacă însă protonii se pot apropia suficient de mult unul de altul, atunci o forță atractivă, cunoscută sub numele de *forță nucleară tare*, va învinge respingerea și va lega cele două nuclee pentru a forma nucleul de heliu.

Houtermans a calculat că distanța critică era de 10^{-15} metri, adică o bilionime de milimetru. Dacă două nuclee de hidrogen care se apropie pot ajunge la această distanță, fuziunea are loc. Houtermans și Atkinson erau convinși că presiunea și temperatura din interiorul Soarelui sunt suficient de mari pentru a obliga nucleele de hidrogen să se apropie la o distanță mai mică decât această valoare critică de 10^{-15} metri, obținându-se astfel o reacție de fuziune în urma căreia se eliberează energie, iar astfel e menținută temperatura necesară altor reacții de fuziune. Ei și-au publicat teoria privind fuziunea stelară în 1929, în *Zeitschrift für Physik*.

Houtermans era convins că el și Atkinson găsiseră explicația corectă a strălucirii stelelor și era atât de mândru de cercetările sale, încât nu s-a putut abține să se laude în fața fetei cu care se întâlnea. Avea să-și aducă aminte mai târziu de scena petrecută în noaptea de după încheierea lucrului la articolul privind fuziunea stelară:

> În seara aceea, după ce-am terminat articolul, am ieșit să mă plimb cu o fată drăguță. De cum s-a întunecat, stelele au apărut una după alta în toată splendoarea lor. „Uite ce frumos strălucesc!" a strigat prietena mea. Dar eu mi-am umflat pieptul și am zis plin de mândrie: „De ieri, știu din ce cauză strălucesc stelele."

Charlotte Riefenstahl a fost fără îndoială impresionată. Mai târziu s-a măritat cu el. Houtermans elaborase însă doar o teorie parțială a fuziunii stelare. Chiar dacă era posibil ca în Soare să fuzioneze două nuclee de hidrogen pentru a forma un nucleu de heliu, acesta nu ar fi decât un izotop foarte ușor și instabil al heliului — heliul stabil

are nevoie de doi neutroni suplimentari în nucleu. Houtermans era convins că neutronul există și că e prezent în Soare, dar în 1929, când și-a publicat articolul, neutronul nu fusese încă descoperit. Prin urmare, Houtermans nu avea de unde să cunoască diferitele proprietăți ale neutronului și nu-și putea duce la bun sfârșit calculele.

Când în fine neutronul a fost descoperit de Chadwick în 1932, Houtermans avea posibilitatea să completeze detaliile teoriei sale, dar curând a intervenit politica. Fusese membru al Partidului Comunist și se temea că va fi victima persecuțiilor naziste. În 1933 s-a refugiat din Germania în Marea Britanie, dar aici nici cultura și nici mâncarea nu erau pe gustul lui. Zicea că nu poate suporta mirosul omniprezent de carne de berbec fiartă și numea Anglia „domeniul cartofilor sărați". La sfârșitul lui 1934 a plecat în Uniunea Sovietică. După spusele lui Iosif Hriplovici, biograful său, „idealismul și bucătăria englezească" l-au determinat să emigreze.

Cercetările lui Houtermans avansau cu spor la Institutul Fizico-Tehnic Ucrainean, până când Stalin a început epurările în cadrul comunității științifice. Deși refugiat din cauza naziștilor, asupra lui Houtermans plana acum bănuiala absurdă că ar fi spion nazist, iar în 1937 a fost arestat de NKVD, poliția secretă sovietică. În următorii trei ani s-a aflat fie închis într-o celulă supraaglomerată, împreună cu mai bine de alți o sută de deținuți, fie supus la interogatorii prelungite în care se făceau presiuni asupra lui să-și recunoască vina. Houtermans a fost interogat nonstop vreme de unsprezece zile, timp în care n-a fost lăsat să doarmă și a fost obligat să stea în picioare. Pactul dintre naziști și sovietici a dus la eliberarea lui în 1940, dar a fost imediat arestat de Gestapo și supus din nou la interogatorii dure. S-a aflat în situația extrem de neplăcută de a putea face o comparație între NKVD și Gestapo: „NKVD-ul este o organizație mai serioasă. Când am fost interogat de Gestapo, anchetatorul ținea deschis în fața lui dosarul meu, iar eu puteam citi invers. NKVD-ul n-ar fi făcut niciodată o asemenea gafă."

În timpul detenției lui Houtermans de la sfârșitul anilor '30, alți fizicieni i-au preluat ideile despre fuziunea stelară și au calculat detaliile proceselor care au loc în Soare. Cel care a dus la bun sfârșit cercetările lui Houtermans a fost Hans Bethe. El fusese dat afară în 1933 de la Universitatea din Tübingen pentru că mama lui era evreică. S-a refugiat întâi în Anglia, apoi în Statele Unite, devenind în cele

din urmă șeful departamentului teoretic de la Los Alamos, sediul proiectului bombei nucleare.

Bethe a găsit două căi nucleare prin care hidrogenul se putea transforma în heliu, posibile date fiind condițiile de presiune și temperatură care se credea pe atunci că există în Soare. În prima, hidrogenul standard (un proton) reacționează cu deuteriul, un izotop mai rar al hidrogenului (un proton și un neutron). Se formează astfel un izotop relativ stabil al heliului conținând doi protoni și un neutron. Apoi, două asemenea nuclee de heliu ușor fuzionează pentru a forma un nucleu de heliu standard, stabil, două nuclee de hidrogen fiind eliberate ca produs secundar. Acest proces e reprezentat în figura 74.

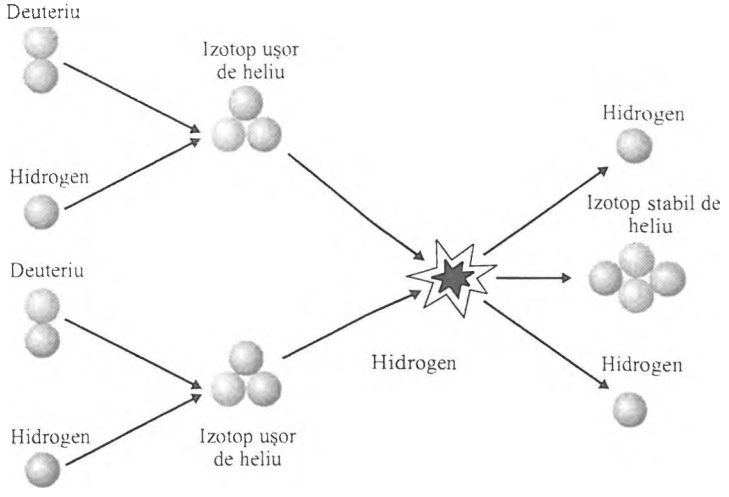


Figura 74 Schema prezintă una din căile prin care hidrogenul poate fi transformat în heliu, în Soare. Sferele întunecate reprezintă protonii, cele mai palide reprezintă neutronii. În prima etapă a reacției, hidrogenul standard și deuteriul fuzionează pentru a forma heliu. De regulă, heliul are doi protoni și doi neutroni, dar acest izotop are doi protoni și un singur neutron. În etapa a doua, două nuclee de heliu ușor fuzionează pentru a forma izotopul stabil al heliului, în cursul procesului fiind eliberate două nuclee de hidrogen (doi protoni). Aceste nuclee de hidrogen pot continua să formeze atomi de heliu. În teorie, două nuclee de deuteriu (un proton și un neutron) pot fuziona direct pentru a forma un nucleu de heliu stabil (doi protoni și doi neutroni). Nucleele de deuteriu însă rareori interacționează între ele, așa încât calea indirectă e mai productivă.

Cealaltă cale propusă de Bethe pentru a obține heliu din hidrogen implica existența unui nucleu de carbon care să fixeze nucleele de hidrogen. Dacă Soarele ar conține o cantitate mică de carbon, atunci fiecare nucleu de carbon ar putea captura și înghiți pe rând câte un nucleu de hidrogen, tranformându-se în nuclee din ce în ce mai grele. În cele din urmă, nucleul de carbon transformat devine instabil, ceea ce duce la desprinderea unui nucleu de heliu, pentru a rămâne un nucleu stabil de carbon cu care procesul poate fi reluat de la început. Cu alte cuvinte, nucleul de carbon acționează ca o fabrică, folosind nucleele de hidrogen ca materie primă și producând nuclee de heliu.

Aceste două căi de reacții nucleare au avut la început un caracter speculativ, dar alți fizicieni au verificat ecuațiile și au confirmat că reacțiile erau posibile. În același timp, în rândul astronomilor se întărea convingerea că mediul intern al Soarelui era suficient de intens pentru declanșarea reacțiilor nucleare. În anii '40, devenise limpede că ambele reacții nucleare propuse de Bethe aveau loc în Soare și erau răspunzătoare pentru energia generată de acesta. Astrofizicienii puteau descrie cu exactitate felul în care Soarele convertea 584 de milioane de tone de hidrogen în 580 de milioane de tone de heliu în fiecare secundă, transformând masa lipsă în energia strălucirii Soarelui. În ciuda acestei rate masive de consum, Soarele va continua să genereze energie în următoarele miliarde de ani, căci în momentul de față conține aproximativ 2×10^{27} tone de hidrogen.

A fost un moment crucial în raporturile dintre atomic și cosmic. Fizicienii nucleariști demonstraseră că pot aduce o contribuție concretă la astronomie explicând de ce strălucesc stelele. Acum, cosmologii big bang-ului sperau ca fizica nucleară să-i ajute în abordarea unei probleme încă și mai dificile: cum a evoluat universul pentru a ajunge în starea actuală? Devenise limpede că stelele pot transforma atomi ușori, cum e hidrogenul, în atomi puțin mai grei, cum e heliul, așa încât se putea spera ca fizica nucleară să lămurească felul în care big bang-ul a produs diferitele abundențe atomice observate astăzi.

Scena era pregătită pentru sosirea unui nou pionier al cosmologiei. Avea să fie un savant capabil să aplice regulile riguroase ale fizicii nucleare în domeniul speculativ al big bang-ului. Reunind disciplinele fizicii nucleare și cosmologiei, el va stabili un test crucial pentru modelul big bang al universului.

Primele cinci minute

Ucraineanul George Gamow* a fost un hoinar expansiv, plin de viață, mare amator de băuturi tari și trucuri cu cărți de joc. Născut la Odessa în 1904, și-a manifestat interesul pentru știință încă din copilărie. A fost fascinat de microscopul dăruit de tatăl său și l-a folosit ca să analizeze procesul transsubstanțierii. După ce a primit împărtășania la biserica ortodoxă din oraș, s-a întors repede acasă cu o bucățică de pâine și câțiva stropi de vin în gură. A pus probele sub microscop și le-a comparat cu pâinea și vinul de fiecare zi. Nu a găsit nici o dovadă că structura pâinii se transformase în trupul lui Cristos, iar mai târziu avea să spună: „Cred că acesta a fost experimentul care a făcut din mine un om de știință."

Gamow a devenit cunoscut la Universitatea Novorossia din Odessa ca un tânăr fizician ambițios; apoi, în 1923, s-a dus la Leningrad să studieze cu Aleksandr Friedmann, care la acea dată lucra încă la elaborarea teoriei big bang. Preocupările lui Gamow difereau însă de cele ale lui Friedmann, iar în scurt timp a făcut descoperiri fundamentale în domeniul fizicii nucleare. Cercetările sale i-au inspirat pe cei de la ziarul *Pravda*, organul central al partidului, să-i dedice o poezie, pe când avea doar douăzeci și șapte de ani. În alt ziar scria: „Un tovarăș sovietic a demonstrat Occidentului că pământul Rusiei poate zămisli propriii ei Platoni și Newtoni străluciți."

Gamow însă era nemulțumit de viața lui de savant sovietic. Statul folosea filozofia marxist-leninistă a materialismului dialectic pentru a hotărî dacă teoriile științifice sunt corecte sau false, ceea ce a făcut ca, pentru o vreme, savanții sovietici să recunoască existența discreditatului eter și să nege, în ciuda evidenței, teoria relativității. Folosirea politicii pentru a determina adevărul științific era absurdă pentru un liber-cugetător ca Gamow, iar el a ajuns să deteste atitudinea sovietică față de știință și întreaga ideologie comunistă.

Prin urmare, în 1932, Gamow a încercat să fugă din Uniunea Sovietică, vrând să traverseze Marea Neagră pentru a ajunge în Turcia. Tentativa lui trăda însă un amatorism copilăresc. Împreună cu soția lui, Liubov Vohminzeva, plănuia să vâslească spre libertate într-un

*Simon Singh folosește de la bun început numele anglicizat al lui Gheorghi Gamov. (*N. t.*)

caiac minuscul cale de 250 de kilometri. Povestea acestei încercări e spusă în autobiografia sa:

> Un element important erau proviziile de hrană pe timpul călătoriei, care ne închipuiam că va dura cinci sau șase zile. [...] Am fiert [niște ouă] și le-am păstrat pentru drum. Am reușit de asemenea să facem rost de câteva batoane de ciocolată și de două sticle de coniac, care s-au dovedit cât se poate de bine-venite pe mare, când ne pătrundea umezeala și frigul. [...] Am descoperit că e mai rațional să vâslim cu schimbul decât să vâslim împreună, fiindcă în acest din urmă caz viteza bărcii nu creștea de două ori. [...] Prima zi a fost un succes total. [...] N-am să uit niciodată cum mi-a apărut un delfin sub valurile luminate de soarele care se scufunda sub linia orizontului.

Treizeci și șase de ore mai târziu însă, norocul i-a părăsit. Vremea s-a stricat, iar ei au trebuit să vâslească înapoi către Uniunea Sovietică.

Gamow a mai avut o tentativă eșuată, de data asta prin apele arctice, de a ajunge din Murmansk în Norvegia. Apoi, în 1933, a adoptat o altă strategie. Invitat la Conferința Solvay a fizicienilor de la Bruxelles, Gamow a obținut o audiență la Viaceslav Molotov, membru de vază al Politbiroului, pentru a i se permite să participe la conferință împreună cu soția sa, la rândul ei fiziciană. După o lungă bătălie birocratică, a primit în cele din urmă actele necesare. Cuplul a plecat la conferință fără să aibă intenția de a mai reveni vreodată în Uniunea Sovietică. La scurt timp, ei au ajuns din Europa în America, iar în 1934 Gamow a început să lucreze la Universitatea George Washington, unde în următoarele două decenii avea să exploreze, să testeze și să apere ipoteza big bang-ului.

În particular, Gamow era interesat de big bang în raport cu *nucleosinteza* — formarea nucleelor atomice. Gamow dorea să vadă dacă fizica nucleară și big bang-ul pot explica abundențele atomice observate. După cum am văzut, la fiecare 10 000 de atomi de hidrogen din univers există aproximativ 1 000 de atomi de heliu, 6 atomi de oxigen și 1 atom de carbon, iar toți atomii tuturor celorlalte elemente luate laolaltă sunt mai puțin numeroși decât atomii de carbon. Gamow s-a întrebat dacă momentele inițiale ale big bang-ului pot da socoteală pentru universul nostru dominat de hidrogen și heliu. S-a întrebat și dacă big bang-ul poate lămuri diferitele abundențe ale atomilor mai grei, mai rari, dar esențiali pentru viață.

Figura 75 Fotografii ale lui George Gamow şi ale soţiei sale, Liubov Vohminzeva. Jos: soţii Gamow pregătindu-se pentru tentativa de a fugi din Uniunea Sovietică traversând Marea Neagră într-un caiac.

Înainte de a examina cercetările lui Gamow, să ne amintim perspectiva lui Lemaître asupra nucleosintezei. Universul lui începea cu un atom primordial supermasiv, mama tuturor celorlalţi atomi: „Lumea-atom s-a spart în fragmente, apoi fiecare fragment s-a spart în fărâme şi mai mici. Presupunând, de dragul simplităţii, că această fragmentare ar fi avut loc în părţi egale, găsim că au fost necesare două sute şaizeci de fragmentări succesive pentru a se ajunge la pulverizarea actuală a materiei în atomi mici, prea mici pentru a fi sparţi în continuare." Pornind de la principiul bine stabilit că nucleele mari sunt instabile, un atom supermasiv ar fi extrem de instabil şi s-ar rupe în atomi mai uşori. Numai că fragmentele s-ar stabiliza undeva pe la mijlocul tabelului periodic, acolo unde se găsesc majoritatea elemen-

telor stabile. Aceasta ar conduce la un univers dominat de elemente cum e fierul. În modelul lui Lemaître, părea cu neputință crearea atomilor de hidrogen și heliu, atât de abundente în universul de azi. Gamow era convins că Lemaître se înșela grav.

Respingând categoric abordarea de sus în jos a lui Lemaître, Gamow a adoptat o strategie inversă. Ce s-ar întâmpla dacă universul ar fi început ca o supă densă și compactă de atomi de hidrogen în expansiune? Ar putea big bang-ul crea condițiile necesare atomilor de hidrogen pentru a fuziona formând heliul și ceilalți atomi mai grei? Această idee părea mai verosimilă decât cea a lui Lemaître, căci a începe cu 100% hidrogen era o cale mai simplă de a explica de ce atomii de hidrogen reprezintă 90% din totalul atomilor universului actual.

Dar, înainte de a face ipoteze asupra fizicii nucleare a big bang-ului, Gamow a studiat lucrările lui Houtermans și Bethe pentru a afla în care stele anume putea avea loc fuziunea hidrogenului în atomi mai grei. A fost frapat de două limitări esențiale ale fuziunii stelare. În primul rând, rata producției stelare de heliu era extrem de mică. Soarele nostru creează $5{,}8 \times 10^8$ tone de heliu pe secundă, ceea ce poate părea mult, numai că Soarele conține în prezent 5×10^{26} tone de heliu. La rata producției stelare de heliu, pentru a obține această cantitate de heliu ar fi fost nevoie de peste 27 de miliarde de ani, or, după modelul big bang, vârsta universului era de doar 1,8 miliarde de ani. Gamow a tras de aici concluzia că majoritatea heliului trebuie să fi fost deja prezentă când s-a format Soarele, așa încât a fost creat poate la big bang.

Cealaltă limitare a fuziunii stelare era aparenta sa incapacitate de a crea atomi ai elementelor mult mai grele decât heliul. Spre disperarea lor, fizicienii n-au izbutit să găsească vreo cale nucleară stelară către elemente cum ar fi fierul sau aurul. Stelele păreau o fundătură — nu puteau crea decât atomii cei mai ușori.

Gamow a considerat aceste două limitări drept ocazii pentru demonstrarea valabilității modelului big bang prin compensarea infertilității stelare. Acolo unde stelele nu erau capabile să creeze suficient heliu și nici elemente mai grele, ar putea reuși big bang-ul. În particular, el spera ca acele condiții extreme din universul timpuriu să poată permite noi tipuri de reacții nucleare și să deschidă o cale, inaccesibilă stelelor, de a explica crearea tuturor elementelor. Dacă Gamow ar fi putut lega big bang-ul de nucleosinteza elementelor grele, aceasta ar fi constituit o dovadă puternică în favoarea modelului big bang.

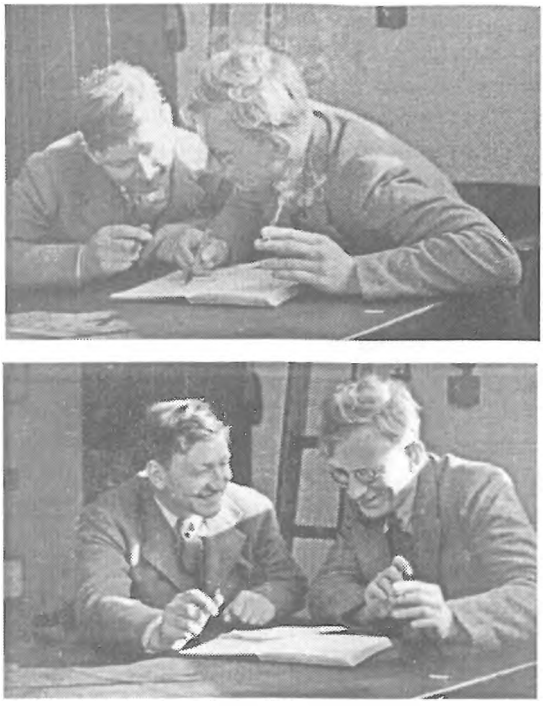


Figura 76 George Gamow discutând un calcul cu John Cockroft (stânga), care avea să fie răsplătit cu premiul Nobel pentru contribuțiile sale în fizica nucleară. Fotografiile surprind intensitatea și bucuria muncii fizicienilor.

Dacă nu ar fi izbutit, această ambițioasă teorie a creației ar fi fost confruntată cu o dificultate gravă.

La începutul anilor '40, Gamow și-a început cercetările pentru explicarea producerii elementelor în cadrul modelului big bang. Și-a dat curând seama că era cam singurul fizician din America preocupat de problema nucleosintezei big bang, și a înțeles și de ce avea privilegiul de a fi unic stapân asupra unui întreg domeniu. Studiul formării nucleelor presupunea cunoștințe aprofundate de fizică nucleară, iar aproape toți cei care aveau o asemenea pregătire fuseseră recrutați în secret pentru a lucra în cadrul Proiectului Manhattan, la Los Alamos, la proiectarea și construirea primelor bombe atomice. Singurul motiv

pentru care Gamow nu fusese luat pe sus de la Universitatea George Washington era faptul că nu i se acordase încrederea de a avea acces la secrete, pe motivul că odinioară fusese ofițer în Armata Roșie. Responsabilii cu securitatea n-au priceput că lui Gamow i se acordase un grad militar numai pentru a putea preda soldaților cursuri științifice. Nici autoritățile americane n-au fost sensibile la dovezile evidente privind loialitatea sa, cum ar fi faptul că sovieticii îl condamnaseră la moarte în contumacie pentru că fugise din URSS.

Strategia lui Gamow în explorarea nucleosintezei big bang era extrem de simplă. A început cu observații asupra universului așa cum arată el acum. Astronomii examinaseră distribuția stelelor și galaxiilor, prin urmare puteau estima densitatea materiei din cosmos, care e de aproximativ un gram la o mie de volume terestre. Apoi, Gamow a luat măsurătorile lui Hubble privind expansiunea universului și a inversat sensul timpului, așa încât universul să se contracte. Universul în contractare devenea tot mai dens pe măsură ce se apropia de momentul creației, iar Gamow putea folosi o matematică relativ simplă pentru a calcula densitatea medie la fiecare moment din trecut. Materialele care se comprimă generează de regulă căldură, motiv pentru care o pompă de bicicletă se încălzește după câteva curse ale pistonului. Prin urmare, Gamow putea de asemenea folosi o fizică relativ simplă pentru a arăta că universul mai tânăr, comprimat, era mult mai fierbinte decât universul de azi. Pe scurt, Gamow a aflat că putea cu ușurință calcula temperatura și densitatea universului în fiecare moment, începând cu starea existentă la scurt timp după crearea lui (când era fierbinte și dens) și până în prezent (când e rece și rarefiat).

Stabilirea condițiilor din universul timpuriu era esențială, fiindcă rezultatul oricărei reacții nucleare depinde aproape în întregime de densitate și temperatură. Densitatea determină numărul de atomi dintr-un volum dat, iar cu cât e mai mare, cu atât crește probabilitatea ca doi atomi să se ciocnească și să fuzioneze. De asemenea, pe măsură ce temperatura crește, există mai multă energie disponibilă și atomii se mișcă mai repede, ceea ce înseamnă din nou că e mai probabil ca atomii să fuzioneze. Numai cunoscând temperatura și densitatea din interiorul Soarelui astrofizicienii au putut determina ce reacții nucleare au loc în stele. Având informații similare despre universul timpuriu, Gamow spera să afle ce reacții nucleare au avut loc la puțin timp după big bang.

Rândul din față: I. Joliot, A. Joffe, P. Langevin, E. Rutherford, M. De Broglie, L. Meitner; E. Schrödinger, N. Bohr, M. Curie, O. Richardson, T. De Donder, L. De Broglie, J. Chadwick

Figura 77 Această fotografie de grup făcută în 1933 la Conferința Solvay de la Bruxelles îl include pe George Gamow (în planul îndepărtat, în centru), care a reușit să scape din Uniunea Sovietică participând la conferință. Conferința a fost dedicată discuțiilor asupra structurii atomilor, iar fotografia conține multe alte figuri remarcabile. Ernest Rutherford și James Chadwick sunt așezați în rândul din față, alături de Marie Curie și fiica ei Irène Joliot, care, ca și mama sa, a primit premiul Nobel.

Pierre Curie murise cu mulți ani în urmă, în 1906, lovit de un tramvai tras de cai. Marie a început apoi o relație cu Paul Langevin, care apare în fotografie lângă ea. Langevin era căsătorit, ceea ce a declanșat un scandal public. Când Marie Curie a fost înștiințată că i s-a acordat pentru a doua oară premiul Nobel, a fost rugată să nu vină personal la Stockholm pentru a primi premiul, din cauza situației stânjenitoare în care s-ar fi aflat comitetul Nobel. Ea a ignorat cererea, explicând că premiul reprezenta probabil o recompensă pentru știința ei, nu pentru viața ei privată.

Primul pas făcut de Gamow în încercarea de a găsi un model pentru nucleosinteza big bang-ului a fost să presupună că imensa căldură a universului extrem de timpuriu trebuie să fi permis doar existența materiei în forma ei cea mai simplă. Astfel, componentele inițiale ale universului nu puteau fi decât protonii, neutronii și electronii separați, particule considerate fundamentale la acea vreme. A numit acest amestec *ylem* (pronunțat „ai-lem"), cuvânt pe care l-a găsit în Dicționarul Webster. Acest termen arhaic din engleza medie* desemna „substanța primordială din care sunt alcătuite elementele" — o descriere perfectă pentru supa fierbinte de neutroni, protoni și electroni a lui Gamow. Un singur proton e echivalentul unui nucleu de hidrogen, iar dacă i se mai adaugă un electron devine un atom întreg de hidrogen. Universul timpuriu era însă atât de fierbinte și de energic, încât electronii se mișcau prea repede pentru a se ataşa unui nucleu. În plus față de particulele materiale, universul timpuriu conținea un ocean furtunos de lumină.

Pornind de la această supă fierbinte și densă, Gamow voia să afle, pas cu pas, cum s-au lipit unele de altele particulele fundamentale pentru a forma nucleele atomilor cunoscuți astăzi. În cele din urmă, ambiția sa era de a arăta cum s-au asociat aceşti atomi pentru a alcătui stelele și galaxiile și cum au evoluat ele spre universul pe care îl vedem în jurul nostru. Pe scurt, Gamow voia să demonstreze că modelul big bang poate explica de ce am ajuns unde suntem.

Din nefericire, de îndată ce a început să calculeze reacțiile nucleare care ar fi putut avea loc, Gamow s-a lovit de amploarea colosală a sarcinii care-i stătea în față. El putea rezolva problema pentru reacțiile nucleare produse în anumite condiții, dar dificultatea scenariului big bang consta în faptul că acesta se află într-o continuă evoluție. La un moment dat există o anumită temperatură, o anumită densitate și un anumit amestec de particule, dar o secundă mai târziu universul s-a extins, rezultând o temperatură mai scăzută, o densitate mai mică și un amestec de particule ușor diferit, în funcție de reacțiile nucleare care tocmai s-au desfășurat. Gamow se chinuia cu calculele nucleare, fără să înainteze. Era un mare fizician, dar un slab matematician, iar calculele nucleare îl depășeau. La vremea aceea nu existau calculatoare care să-i vină în ajutor.

---

* Engleza medie (Middle English) e limba vorbită între invazia normandă (1066) și mijlocul secolului al XV-lea. (*N. t.*)

În cele din urmă, în 1945, Gamow a primit sprijinul de care avea atâta nevoie când l-a cooptat pe Ralph Alpher, un student doritor să se afirme în comunitatea științifică. Cariera lui Alpher a început promițător în 1937: copilul-minune de șaisprezece ani a primit o bursă la Institutul Tehnologic din Massachusetts. Din nefericire, pe când stătea de vorbă cu unul dintre absolvenții institutului, a pomenit în treacăt că era de origine evreiască — iar bursa i-a fost imediat retrasă. A fost un șoc teribil pentru adolescentul plin de ambiții: „Fratele meu îmi spusese să nu-mi fac mari speranțe și avusese dreptate. A fost o experiență cumplită. El zicea că e nerealist să-ți închipui că un evreu poate ajunge oriunde."

Pentru Alpher, singura soluție de a se întoarce la studii a fost să-și ia o slujbă în timpul zilei și să urmeze cursurile serale ale Universității George Washington, unde a obținut în cele din urmă licența. Atunci l-a cunoscut Gamow pe Alpher și s-a atașat de el, poate și fiindcă tatăl lui Alpher era din Odessa, orașul său natal. Gamow a recunoscut talentul lui Alpher pentru matematică și atenția cu care acesta putea urmări detaliile, în vizibil contrast cu lacunele sale în matematică și cu stilul său spontan și oarecum neglijent. L-a luat imediat pe Alpher ca doctorand.

Gamow l-a pus pe Alpher să lucreze la problema nucleosintezei în universul timpuriu, dându-i un punct de pornire și câteva indicii privind aspectele esențiale, așa cum reușise el să le întrevadă. De pildă, Gamow a arătat că nucleosinteza se putea mărgini la un interval scurt de timpi și temperaturi. Universul foarte timpuriu era atât de fierbinte și de energetic, încât protonii și neutronii se mișcau prea repede pentru a se lipi unii de alții. Puțin mai târziu, universul era suficient de rece pentru ca nucleosinteza să înceapă. Dar, după încă un scurt interval de timp, temperatura universului a scăzut într-atât încât protonii și neutronii nu mai aveau suficientă energie sau viteză pentru a iniția reacții nucleare. Pe scurt, nucleosinteza nu putea avea loc decât atunci când temperatura universului se situa în intervalul dintre milioane de grade și bilioane de grade.

Altă restricție asupra nucleosintezei se lega de faptul că neutronii sunt instabili și, dacă nu sunt prinși în interiorul unui nucleu cum e de pildă cel de heliu, se dezintegrează în protoni. Prin urmare, neutronii liberi din universul timpuriu trebuiau să formeze nuclee înainte de a dispărea. Neutronii liberi au un timp de înjumătățire de

aproximativ 10 minute, ceea ce înseamnă că jumătate din ei dispar în 10 minute, jumătate din cei rămaşi dispar în alte 10 minute ş.a.m.d. Din acest motiv, mai puţin de 2% din neutronii iniţiali mai existau la o oră după momentul creaţiei, dacă nu cumva reacţionaseră deja cu protonii pentru a forma nuclee stabile. Pe de altă parte, există o reacţie nucleară dependentă de temperatură prin care pot fi produşi neutroni, ceea ce complică şi mai mult situaţia. Neutronii fiind un ingredient esenţial în nucleosinteză, atât timpul de înjumătăţire al neutronilor, cât şi rata producerii de neutroni sunt factori-cheie în determinarea duratei perioadei de după big bang în care putea avea loc nucleosinteza.

Concentrându-se asupra acestui interval de timp pentru nucleosinteză, Gamow şi Alpher au început să estimeze probabilitatea interacţiunii proton-neutron. Una din datele pe care trebuiau să le introducă în calculele lor era *secţiunea eficace* pentru protoni şi neutroni. Secţiunea eficace a unei particule ne spune cât de mare e ţinta pe care ea o reprezintă pentru alte particule, în procesele de ciocnire. Dacă doi oameni stau în colţuri opuse ale unei camere şi aruncă unul spre altul bile foarte mici, e puţin probabil ca bilele să se ciocnească în aer. Dacă însă ei aruncă unul spre altul mingi de fotbal, probabilitatea ca mingile să se ciocnească e mult mai mare. Prin urmare, mingile de fotbal au o secţiune eficace mult mai mare decât biluţele. Întrebarea critică legată de nucleosinteză era: cât de mare e secţiunea eficace sau ţinta pe care o reprezintă neutronii şi protonii unii pentru alţii?

Secţiunile eficace ale particulelor nucleare se măsoară în *barni*, 1 barn fiind egal cu 10^{-28} metri pătraţi. Numele trimite, ironic, la expresii de genul „mare cât o şură"*; unii etimologi susţin că termenul a fost folosit pentru prima dată, ca un nume codificat, de fizicienii care lucrau la Proiectul Manhattan, aşa încât spionii care ar fi auzit mereu pomenindu-se despre o şură să nu priceapă nimic. Cunoaşterea secţiunilor eficace era esenţială pentru constructorii bombei atomice, fiindcă ei trebuiau să calculeze cantitatea de uraniu necesară pentru a obţine o explozie nucleară. Cu cât secţiunea eficace a interacţiilor

* *Barn* în engleză înseamnă „şură", iar expresia *as big as a barn door* s-ar traduce prin „mare cât o şură". De asemenea, cineva care *is not able to hit a barn door* este un foarte prost ţintaş. (*N. t.*)

în uraniu era mai mare, cu atât probabilitatea interacțiilor nucleare era mai mare și era nevoie de mai puțin uraniu pentru a garanta explozia nucleară.

Norocul lui Alpher a fost că, la puțin timp după război, discreția care înconjura tot ce ținea de proiectul bombei atomice a devenit mai puțin riguroasă. În felul acesta, valoroasele măsurători privind secțiunea eficace erau în curs de desecretizare tocmai când Alpher își începea cercetările legate de nucleosinteză. Alt sprijin venea din partea oamenilor de știință de la Laboratorul Argonne, care explorau posibilitatea construirii unei cetrale nucleare. Alpher a fost încântat când și ei și-au făcut publice ultimele date privind secțiunile eficace nucleare.

Timp de trei ani, Gamow și Alpher au făcut și refăcut calcule, și-au revizuit presupunerile, au înlocuit valorile secțiunilor eficace cu altele mai bune și și-au îmbunătățit estimările. Unele dintre discuțiile lor cele mai aprinse aveau loc la Mica Viena, barul de pe Pennsylvania Avenue, unde unul sau mai multe pahare îi ajutau să desluşească universul timpuriu. Era o aventură extraordinară. Ei aplicau fizica concretă la teoria până atunci vagă a big bang-ului, încercând să găsească un model matematic pentru condițiile și evenimentele din universul timpuriu. Făceau estimări asupra condițiilor inițiale și aplicau legile fizicii nucleare pentru a vedea cum evoluase universul de-a lungul timpului și cum se desfășurau procesele nucleosintezei.

Pe măsură ce treceau lunile, Alpher era tot mai convins că puteau găsi un model matematic precis pentru formarea heliului la puține minute după big bang. Încrederea lui a sporit și mai mult când a aflat că rezultatele lui concordau cu realitatea. Alpher a estimat că, la sfârșitul fazei de nucleosinteză, trebuie să fi existat aproximativ un nucleu de heliu la fiecare zece nuclee de hidrogen — exact ce observaseră și astronomii în universul de azi. Cu alte cuvinte, big bang-ul putea explica raportul dintre hidrogen și heliu existent în prezent. Alpher nu încercase încă în mod serios să obțină modele pentru formarea altor elemente, dar chiar și prezicerea formării hidrogenului și heliului în raportul observat era în sine o mare realizare. La urma urmei, aceste două elemente reprezentau 99% din totalul atomilor din univers.

Cu câțiva ani mai devreme, astrofizicienii reușiseră să arate că stelele ardeau transformând hidrogenul în heliu, dar rata reacțiilor nucleare din stele era atât de mică, încât nucleosinteza stelară putea

da socoteală doar pentru o fracțiune minusculă din heliul existent. Alpher însă izbutise să explice abundența heliului presupunând că existase un big bang. Rezultatul a fost primul mare triumf al modelului big bang de când Hubble observase și măsurase deplasarea spre roșu a galaxiilor.

Nerăbdători să-și anunțe descoperirea, Gamow și Alpher și-au trecut calculele și concluziile într-un articol intitulat „Originea elementelor chimice" și l-au trimis la *Physical Review*. Era plănuit să fie publicat pe 1 aprilie 1948, și poate că asta l-a îndemnat pe Gamow să facă un lucru la care se gândise în taină luni de-a rândul. Gamow era prieten bun cu Hans Bethe, care își câștigase faima prin lucrarea sa privind reacțiile nucleare din stele, iar el a vrut să adauge numele lui Bethe în lista autorilor, chiar dacă nu contribuise cu nimic la acest articol. Motivul pentru adăugarea încă unui nume ținea de efectul comic al unui articol semnat Alpher, Bethe și Gamow — trimitere la primele trei litere ale alfabetului grec: alfa (α), beta (β), gama (γ).

Nu e de mirare că Alpher s-a opus. Se temea că menționarea lui Bethe va diminua în ochii lumii propria sa contribuție științifică. Numele lui Alpher era deja umbrit de prezența lui Gamow, căci Alpher era doar un tânăr doctorand, în vreme ce Gamow era un fizician celebru. Adăugând numele încă și mai cunoscut al lui Bethe, lucrurile s-ar fi înrăutățit și mai mult. Contribuția lui Alpher depășise simpla coparticipare, iar acum ea urma să fie considerată infimă. De-a lungul disputei dintre Gamow și Alpher privind lista autorilor, Bethe n-a aflat nimic despre frământările lui Alpher și nici nu i-a trecut prin minte că articolul avea să fie una dintre cele mai importante lucrări științifice din istoria cosmologiei. Se bucura doar că participa la una din farsele lui Gamow.

Imediat ce articolul a fost trimis spre publicare, cu numele lui Bethe apărând mai departe printre autori, Gamow a încercat să se împace cu studentul lui aranjând o mică petrecere pentru a sărbători reușita. A adus la birou o sticlă de Cointreau căreia îi schimbase eticheta. Pe ea scria „Ylem", numele cu care botezase supa primordială de particule ce umplea la început universul. Turnarea lichiorului de portocale în câteva pahare a fost pentru el o refacere amuzantă a big bang-ului.

Deși acum Gamow se putea relaxa puțin, Alpher mai avea încă mult de lucru. Această cercetare constituia proiectul lui de doctorat, deci el trebuia să-și scrie teza independent și să explice totul în cele

mai mici detalii pentru a demonstra că merită într-adevăr titlul de doctor. Din nefericire, s-a îmbolnăvit grav de oreion imediat ce-a început să-şi scrie teza. Chinuit de dureri şi cu ganglionii umflaţi, Alpher şi-a încheiat teza dictând din pat soţiei sale, Louise. Ei se întâlniseră pe când urmau cursurile serale ale Universităţii George Washington, dar Louise nu studia fizica, ci psihologia, aşa încât era mult depăşită de cercetările lui Alpher. Cu toate acestea, a bătut la maşină fără greşeală complicatele ecuaţii care formau nucleul tezei sale.

Dar munca lui Alpher nu se sfârşise încă. Trebuia să treacă şi prin calvarul de a-şi susţine teza, obstacolul final în calea obţinerii doctoratului. Urma să se afle singur în faţa unui juriu de experţi şi să-i convingă că hidrogenul şi heliul puteau să fi fost produşi în proporţia corectă în momentele care au urmat big bang-ului. El voia de asemenea să demonstreze că existau şanse reale ca şi alţi atomi să fi fost creaţi în cursul acestei faze. Trebuia să apere rezultatele colaborării sale cu Gamow, bazându-se însă doar pe propriile lui forţe intelectuale, fără să poată primi vreun sprijin de la mentorul său. Dacă reuşea, obţinea titlul de doctor. Dacă eşua, trei ani de muncă erau irosiţi. Susţinerea tezei a fost programată în primăvara lui 1948.

De regulă, susţinerea unei teze de doctorat, deşi are loc în faţa publicului, nu e un spectacol care să atragă prea multă lume. Sunt prezenţi doar prietenii, rudele apropiate şi câţiva cercetători interesaţi îndeaproape de subiect. În acest caz însă, vestea că un novice de douăzeci şi şapte de ani făcuse o descoperire importantă în fizică s-a răspândit la Washington, iar Alpher a trebuit să-şi susţină teza în faţa a trei sute de oameni, între care se aflau şi ziarişti. Ei au ascultat cu sufletul la gură seria de întrebări grele şi răspunsurile încă şi mai misterioase ale lui Alpher. La capătul expunerii, examinatorii au fost convinşi să-i acorde lui Alpher titlul de doctor.

Pe de altă parte, reporterii au băgat de seamă că, într-unul din comentariile sale, Alpher susţinuse că nucleosinteza primordială a hidrogenului şi heliului durase doar aproximativ 300 de secunde. În zilele care au urmat, ştirea aceasta a apărut pe prima pagină a ziarelor din toată America. Pe 14 aprilie 1948, *Washington Post* anunţa că LUMEA A FOST CREATĂ ÎN CINCI MINUTE, ceea ce, două zile mai târziu a inspirat, în acelaşi ziar, o caricatură prezentată în figura 78. Pe 26 aprilie, *Newsweek* repeta povestea, dar dilata scara timpului pentru a include şi alte tipuri de atomi: „Conform acestei teorii, toate elementele au

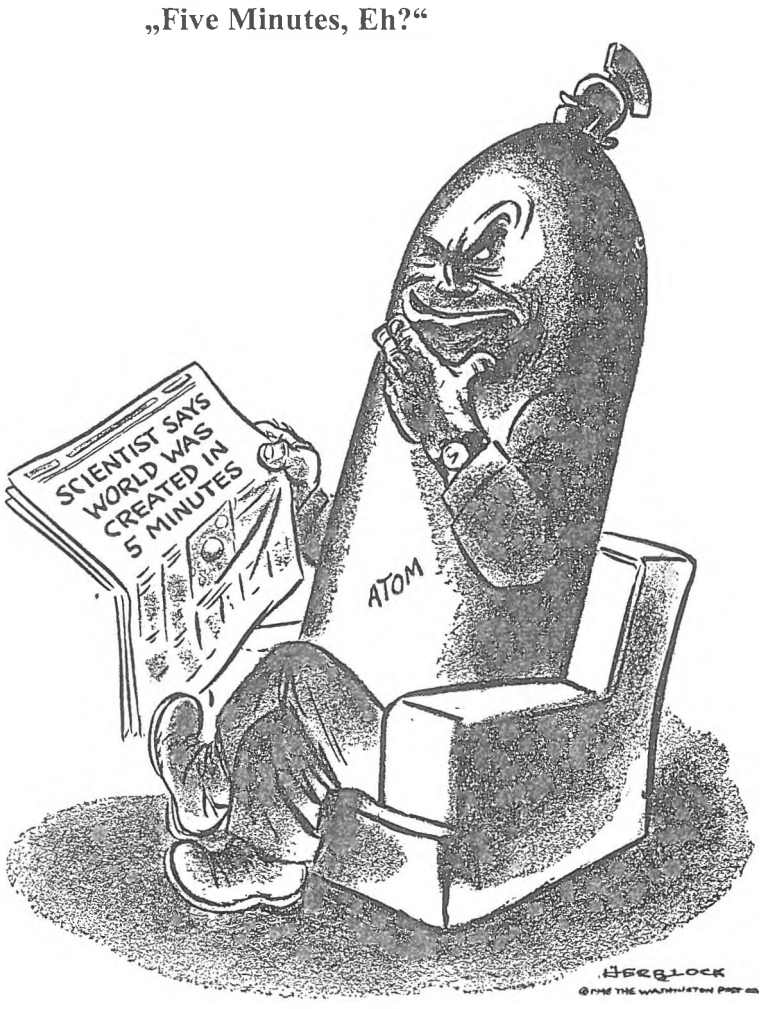


Figura 78 Celebrul caricaturist Herbert L. Block (Herblock) s-a dovedit interesat de cercetările lui Alpher. Caricatura, apărută pe 16 aprilie 1948 în *Washington Post*, prezintă o bombă atomică reflectând asupra știrii conform căreia lumea a fost creată în cinci minute. Bomba pare să-și spună că ea ar putea distruge lumea în timp și mai scurt.

fost create dintr-un fluid primordial într-o singură oră şi s-au regrupat de-atunci în materia stelelor, planetelor şi vieţii." În realitate, Alpher nu spusese mai nimic despre elementele mai grele decât hidrogenul şi heliul.

În următoarele săptămâni, Alpher s-a bucurat de oarecare faimă. Comunitatea ştiinţifică s-a arătat interesată de lucrarea lui, un public curios i-a trimis scrisori pline de admiraţie, iar fundamentalişti religioşi s-au rugat pentru sufletul lui. Cu timpul însă, aşa cum bănuise, luminile reflectoarelor au pălit şi el s-a pierdut în umbra iluştrilor coautori Gamow şi Bethe. Citind articolul, fizicienii şi-au închipuit că Gamow şi Bethe făcuseră descoperirea, iar numele lui Alpher a fost trecut cu vederea. Adăugarea arbitrară a numelului lui Bethe de dragul unui efect comic eliminase orice şansă ca Alpher să primească recunoaşterea pe care o merita pentru rolul crucial jucat în dezvoltarea modelului big bang.

Curbele divine ale creaţiei

Articolul Alfa–Beta–Gama, aşa cum a devenit el cunoscut, a reprezentat o piatră de hotar în disputa dintre modelul big bang-ului şi cel al universului etern. El a arătat că se pot face calcule reale în legătură cu procesele nucleare care ar fi avut loc în urma unui ipotetic big bang, iar astfel putea fi testată această teorie a creaţiei. Partizanii big bang-ului aveau acum la dispoziţie două dovezi provenind din observaţii — expansiunea universului şi abundenţele hidrogenului şi heliului —, în deplin acord cu modelul big bang al universului.

Adversarii teoriei big bang-ului au ripostat încercând să submineze pretinsul succes al nucleosintezei big bang. Prima lor reacţie a fost să considere acordul dintre calculele lui Gamow şi Alpher şi abundenţa observată a heliului ca pe o simplă coincidenţă. O a doua şi mai substanţială critică viza eşecul lui Gamow şi Alpher de a explica producerea nucleelor mai grele decât hidrogenul şi heliul.

Gamow şi Alpher nu abordaseră decât în treacăt problema în articolul lor, intenţionând să se ocupe de ea mai târziu, dar au înţeles curând că studiul lor ajunsese într-o fundătură: încercarea de a sintetiza nuclee mai grele decât heliul în căldura extremă a big bang-ului părea fără sorţi de izbândă.

Cea mai mare dificultate se lega de aşa-numita „prăpastie a celor cinci nucleoni". *Nucleon* este termenul generic pentru orice component al nucleului, fie el proton sau neutron. Prin urmare:

hidrogenul obişnuit conţine 1 proton + 0 neutroni = 1 nucleon
deuteriul conţine 1 proton + 1 neutron = 2 nucleoni
tritiul conţine 1 proton + 2 neutroni = 3 nucleoni
heliul obişnuit conţine 2 protoni + 2 neutroni = 4 nucleoni

Următorul nucleu ar conţine cinci nucleoni, dar în principiu un asemenea nucleu nu poate exista — el ar fi instabil din cauza felului complicat în care acţionează forţele nucleare. Dincolo de nucleul instabil cu cinci nucleoni se întinde însă un întreg domeniu de nuclee stabile, cum ar fi carbonul (de regulă cu 12 nucleoni), oxigenul (de regulă cu 16 nucleoni) şi potasiul (39 de nucleoni).

Pentru a căpăta o imagine intuitivă privind motivul pentru care numărul nucleonilor determină stabilitatea şi existenţa anumitor nuclee (precum şi instabilitatea şi inexistenţa altora), haideţi să ne gândim la vehicule şi la stabilitatea lor în raport cu numărul de roţi. Există monocicluri cu o roată, la fel şi biciclete cu două roţi, triciclete cu trei roţi şi maşini cu patru roţi. Vehicule cu cinci roţi însă practic nu există, pentru că a cincea roată ar fi inutilă, ba chiar ar putea aduce prejudicii stabilităţii şi performanţelor vehiculului. Şi totuşi, o roată suplimentară îmbunătăţeşte echilibrul şi redistribuie sarcina vehiculului, şi există într-adevăr camioane cu şase sau mai multe roţi. În mod asemănător, dar pentru motive diferite, nucleele cu un nucleon, doi nucleoni, trei nucleoni, patru nucleoni şi şase nucleoni sunt, toate, stabile, în timp ce un nucleu cu cinci nucleoni este interzis.

Dar de ce absenţa unui nucleu cu cinci nucleoni avea efecte catastrofale pentru Gamow şi Alpher? Ea se dovedeşte a fi o prăpastie de netrecut în calea nucleosintezei care duce către elemente mai grele, cum ar fi carbonul. Procesul prin care se transformă un nucleu uşor într-unul mai greu conţine una sau mai multe etape intermediare, iar dacă una din ele e interzisă, întregul proces e blocat. Calea către nuclee mai grele ar începe prin adăugarea unui proton sau a unui neutron la nucleul de heliu (patru nucleoni) pentru a se produce un nucleu cu cinci nucleoni — numai că acesta este tocmai tipul de nucleu interzis. Prin urmare, calea spre nuclee mai grele e blocată.

O soluție ar fi ca nucleul de heliu să absoarbă simultan un neutron și un proton, evitând astfel nucleul instabil cu cinci nucleoni și transformându-se direct în nucleul stabil cu șase nucleoni al litiului (trei protoni și trei neutroni). Probabilitatea ca un proton și un neutron să lovească simultan nucleul de heliu e însă neglijabilă. Chiar și o singură reacție nucleară provocată printr-o ciocnire e dificil de indus, așa încât nu ne putem aștepta la o reacție provocată de două ciocniri care au loc exact în același moment.

Altă cale de a evita etapa nucleului cu cinci nucleoni ar fi ca două nuclee de heliu, cu patru nucleoni, să se contopească pentru a forma un nucleu cu opt nucleoni, dar și acest nucleu e instabil, din aceleași motive pentru care e instabil cel cu cinci nucleoni. Natura pare să fi complotat pentru a bloca cele două căi simple prin care nucleele ușoare s-ar transforma în nuclee mai grele.

Gamow și Alpher nu s-au dat bătuți. Ei și-au refăcut calculele folosind cele mai noi date pentru timpul de înjumătățire și secțiunea eficace a neutronului. De asemenea, dacă în calculele din articolul inițial nu au folosit decât o mașină electrică de calculat Marchand & Frieden, acum aveau la dispoziție cele mai recente calculatoare. Au obținut un computer analogic Reeves, pe care l-au înlocuit apoi

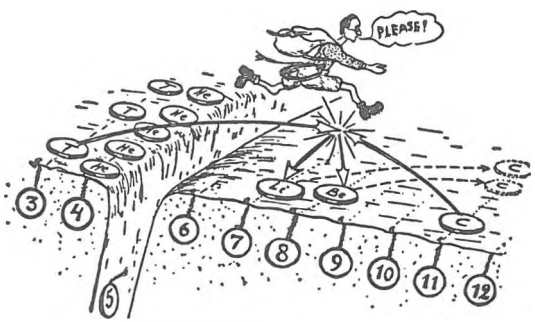


Figura 79 Fizicianul de origine maghiară Eugen Wigner a încercat fără succes să găsească drumuri alternative de a ajunge de la heliu, peste prăpastia celor cinci nucleoni, la carbon și mai departe. George Gamow a desenat o caricatură pentru a ilustra una din căile lui Wigner, sortită eșecului. În legendă, Gamow explică: „Altă metodă ingenioasă de a traversa prăpastia de masă 5 a fost propusă de E. Wigner. E cunoscută ca metoda podului nuclear suspendat."

cu un computer cu memorie magnetică. Apoi au folosit un calculator IBM programabil, cu cartele perforate, iar în fine un SEAC, unul dintre primele calculatoare digitale.

Vestea bună era că estimările lor privind abundențele hidrogenului și heliului rămâneau exacte. Chiar și calculele independente ale altor savanți confirmau că raportul între hidrogenul și heliul produși în universul timpuriu se afla într-un acord satisfăcător cu raportul observat în universul actual, după cum se vede în figura 80. Vestea proastă era că nici noile lor calcule nu ofereau vreo indicație asupra mecanismului prin care s-ar rezolva problema producerii de nuclee mai grele decât heliul.

Dacă nucleosinteza atomilor grei se confrunta cu dificultăți, Alpher a început să lucreze la alt aspect al teoriei big bang-ului, alături de un coleg de-al său pe nume Robert Herman. Alpher și Herman aveau multe în comun. Ambii erau fii de evrei ruși care emigraseră și se stabiliseră la New York, și ambii erau încă tineri cercetători dorind să-și facă un nume. Când Herman a aflat întâmplător câte ceva despre discuțiile cosmologice dintre Alpher și Gamow, s-a simțit irezistibil atras de cercetările lor. Ideea de a face calcule legate de primele momente ale universului era mult prea ispititoare.

Alpher și Herman și-au început colaborarea reconstituind istoria timpurie a universului pornind de la modelul big bang. Faza cea mai veche a fost haos pur, energia fiind prea mare pentru vreo evoluție semnificativă a materiei. Următoarele câteva minute au reprezentat era moderată — nici prea fierbinte, nici prea rece, cu temperatura tocmai bună pentru formarea heliului și a altor nuclee ușoare. Aceasta a fost faza studiată în articolul Alfa–Beta–Gama. Apoi, universul a devenit prea rece pentru noi fuziuni și, oricum, nucleul instabil cu cinci nucleoni părea să blocheze calea către alcătuirea nucleelor mai grele.

Deși era acum prea rece pentru fuziune, universul avea totuși o temperatură de aproximativ un milion de grade, ceea ce făcea ca întreaga materie să se afle într-o stare cunoscută sub numele de *plasmă*. Prima și cea mai rece stare de agregare a materiei e cea solidă, în care atomii și moleculele sunt strâns legați (legate) împreună, așa cum se întâmplă în cazul gheții. A doua stare de agregare, mai caldă, e cea lichidă, în care legăturile dintre atomi și molecule sunt mai slabe, permițându-le să curgă, așa cum se întâmplă în cazul apei. A treia stare, mai fierbinte, e cea gazoasă, în care nu mai există practic nici un fel

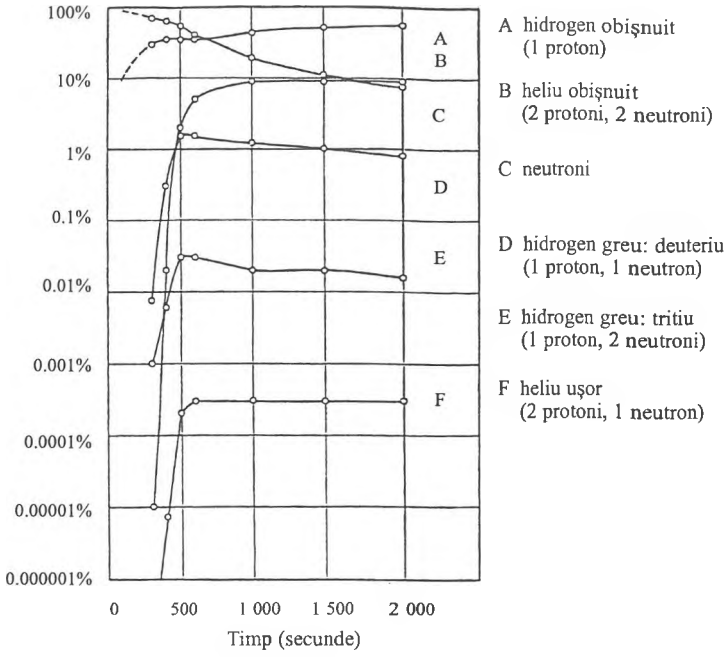


Figura 80 Fizicienii nucleariști Enrico Fermi și Anthony Turkevich au calculat și ei abundențele elementelor din universul timpuriu. Rezultatele lor îi confirmă pe Gamow și Alpher și sunt prezentate în acest grafic care ilustrează evoluția chimică a universului în cursul primelor 2 000 de secunde.

Numărul neutronilor e în continuă scădere, pe măsură ce ei se dezintegrează în protoni, ceea ce explică de ce numărul protonilor (nucleele de hidrogen) crește. Numărul neutronilor scade de asemenea pentru că ei sunt încorporați în nucleele de heliu, iar abundența heliului crește continuu, devenind al doilea nucleu, în ordinea abundenței, din univers. Celelalte nuclee reprezentate în grafic sunt alți izotopi ai hidrogenului și heliului, produși pe calea care leagă hidrogenul obișnuit de heliul obișnuit.

Astronomii au măsurat abundențele actuale ale deuteriului și tritiului (hidrogen greu), iar măsurătorile au fost în acord cu predicțiile făcute de Gamow, Alpher, Fermi și Turkevich. Aceasta a reprezentat o nouă confirmare a modelului big bang, care putea acum explica abundențele celor mai ușoare nuclee din univers ca rezultat al reacțiilor nucleare ce au avut loc în cursul perioadei fierbinți și dense care a urmat big bang-ului. Gamow a numit liniile din acest grafic „curbele divine ale creației".

de legături între atomi și molecule, ceea ce le permite să se miște independent, ca în aburi (vaporii de apă). În cea de-a patra stare de agregare a materiei, plasma, temperatura e atât de ridicată încât nucleele atomilor nu-și mai pot păstra electronii, așa încât materia e un amestec de nuclee și electroni detașați, după cum se vede în figura 81. Majoritatea oamenilor nu recunosc plasma ca atare, deși mulți dintre noi producem zilnic plasme atunci când aprindem un tub fluorescent, care transformă gazul din interior într-o plasmă.

Astfel, la o oră după crearea lui, universul era încă o supă de plasmă alcătuită din nuclee simple și electroni liberi. Electronii încărcați negativ încearcă să se atașeze de nucleele pozitive, fiindcă sarcinile de semn opus se atrag, dar se mișcă prea repede pentru a se stabili pe orbite în jurul nucleelor. În schimb, nucleele și electronii se ciocnesc fără încetare între ei, iar starea de plasmă persistă.

Universul mai conține și un alt ingredient: copleșitorul ocean de lumină. Oricât ar părea de surprinzător, dacă am fi fost prezenți la nașterea universului n-am fi înțeles mare lucru, pentru că ar fi fost imposibil să vedem ceva. Lumina interacționează lesne cu particulele încărcate cum ar fi electronii, așa încât lumina era continuu împrăștiată de particulele din plasmă, rezultatul fiind un univers opac. Datorită acestor împrăștieri multiple, plasma ar fi arătat ca o ceață. E imposibil să vezi mașina din fața ta pe ceață, fiindcă lumina provenind de la ea e împrăștiată de nenumărate ori pe picăturile fine de apă, iar astfel lumina e redirecționată de multe ori înainte să ajungă la tine.

Alpher și Herman au continuat să-și închipuie istoria universului timpuriu și s-au întrebat ce altceva s-ar fi putut întâmpla cu acest ocean de lumină și plasmă când universul se extindea odată cu trecerea timpului. Ei au înțeles că, pe măsura expansiunii universului, energia lui se împrăștia într-un volum mai mare, așa încât universul și plasma din el s-au răcit treptat. Cei doi tineri fizicieni au dedus că trebuie să fi apărut un moment critic când temperatura a devenit prea scăzută pentru ca plasma să mai existe, moment în care electronii s-au atașat de nuclee și s-au format atomi neutri, stabili, de hidrogen și heliu. Tranziția de la plasmă la atomi are loc în jurul temperaturii de 3 000°C pentru hidrogen și heliu, iar cei doi au estimat că au trecut 300 000 de ani până ce universul s-a răcit la această temperatură. Evenimentul e cunoscut sub numele de *recombinare* (termen oarecum derutant,

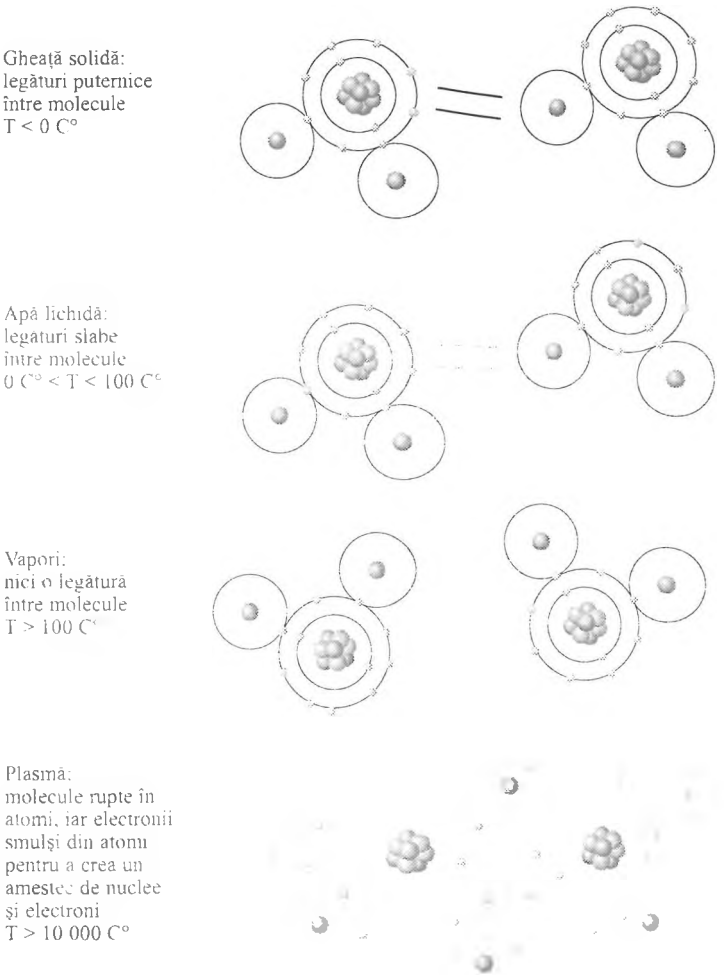


Figura 81 Aceste patru desene reprezintă cele patru stări de agregare a materiei, folosind drept exemplu apa. Formula apei este H_2O, fiecare moleculă fiind alcătuită din doi atomi de hidrogen legați de un atom de oxigen. Aceste molecule pot fi legate între ele pentru a forma un solid, dar energia termică poate slăbi legăturile, pentru a crea un lichid, sau le poate rupe, pentru a foma un gaz. O energie termică suplimentară poate desprinde electronii de nuclee, pentru a crea o plasmă.

fiindcă implică faptul că electronii şi nucleele fuseseră înainte combinate, ceea ce nu e cazul).

După recombinare, universul s-a umplut cu un gaz de particule neutre, din moment ce electronii negativi se combinaseră cu nucleele pozitive. Aceasta a schimbat drastic comportamentul luminii care umplea universul. Lumina interacţionează uşor cu particulele încărcate dintr-o plasmă, dar nu şi cu particulele neutre dintr-un gaz, după cum se vede în figura 82. Prin urmare, conform modelului big bang, momentul recombinării a fost primul din istoria universului în care razele de lumină puteau începe să străbată spaţiul nestânjenite. Era ca şi cum ceaţa cosmică s-ar fi risipit brusc.

Ceaţa s-a risipit şi din minţile lui Alpher şi Herman când au început să înţeleagă ce s-a întâmplat în univers după recombinare. Dacă modelul big bang era corect şi dacă Alpher şi Herman calculaseră bine, lumina existentă în momentul recombinării ar trebui să mai străbată şi azi universul, fiindcă probabilitatea ca ea să interacţioneze cu atomii răspândiţi prin spaţiu era foarte mică. Cu alte cuvinte, lumina eliberată la sfârşitul epocii plasmei ar trebui să existe şi în prezent ca o relicvă. Această lumină ar fi o relicvă a big bang-ului.

Studiul lui Alpher şi Herman, încheiat la doar câteva luni după publicarea articolului Alfa–Beta–Gama, era probabil mai important decât calculul transformării hidrogenului în heliu din primele câteva minute de după big bang. Articolul iniţial era strălucit, dar putea fi acuzat de o anume sterilitate. Când Alpher şi Gamow îşi efectuaseră calculele, ei ştiau de la început răspunsul pe care încercau să-l găsească, şi anume abundenţa observată a heliului. Aşa încât, după ce calculele teoretice s-au potrivit cu observaţiile, criticii au încercat să submineze realizarea afirmând că Gamow şi Alpher şi-au dirijat calculele în direcţia cea bună. Cu alte cuvinte, cei din tabăra anti-big bang i-au acuzat pe nedrept că şi-au potrivit teoria pentru a obţine rezultatul dorit, la fel cum Ptolemeu se folosise de epicicluri pentru a regăsi mişcarea retrogradă a lui Marte.

În schimb, radiaţia rămasă din momentul în care se scurseseră 300 000 de ani de la big bang nu putea fi în nici un caz interpretată ca o „postdicţie" ad hoc. Nu se putea aduce nici o acuzaţie de „potrivire". Ecoul luminos era o predicţie limpede, întemeiată doar pe modelul big bang, prin urmare Alpher şi Herman găsiseră un test tranşant. Detectarea acestei lumini ar fi oferit o dovadă puternică în sprijinul

ideii că universul a început cu un big bang. Invers, dacă lumina nu exista, atunci big bang-ul nu avea cum să se fi produs, iar întregul model s-ar fi prăbușit.

Alpher și Herman au estimat că oceanul de lumină eliberată în momentul recombinării avea o lungime de undă de aproximativ o miime de milimetru. Această valoare era o consecință directă a temperaturii universului când s-a risipit ceața de plasmă, temperatură de 3 000°C. Dar toate aceste unde luminoase trebuie să fi fost „alungite", datorită faptului că universul a continuat să se dilate după recombinare. Efectul e similar cu cel al alungirii și deplasării spre roșu a luminii provenind de la galaxii ce se îndepărtează, efect ce fusese măsurat de astronomi precum Hubble. Alpher și Herman au prezis că această lumină „alungită" ar trebui să aibă acum o lungime de undă de aproximativ un milimetru. O asemenea lungime de undă nu e vizibilă cu ochiul liber și se situează în așa-numita regiune de microunde a spectrului.

Alpher și Herman făcuseră o predicție bine definită. Universul ar trebui să fie umplut cu o slabă radiație de microunde având lungimea de undă de un milimetru, iar ea ar trebui să vină din toate direcțiile, fiindcă existase pretutindeni în univers la momentul recombinării. Cel care ar detecta așa-numita *radiație cosmică de fond de microunde* (radiație CFM) ar dovedi că big bang-ul a avut într-adevăr loc. Faima nepieritoare îl aștepta pe cel ce ar fi făcut o asemenea măsurătoare.

Din păcate, Alpher și Herman au fost complet ignorați. Nimeni n-a făcut vreun efort serios de a căuta radiația CFM prezisă de ei.

Există mai multe motive pentru care comunitatea științifică a ignorat predicția privind radiația CFM, dar primul și cel mai important ține de natura interdisciplinară a acestei cercetări. Echipa lui Gamow aplicase fizica nucleară teoretică la cosmologie pentru a obține o predicție care cerea detectarea microundelor spre a fi testată. Persoana ideală pentru testarea predicției privind radiația CFM trebuia deci să aibă preocupări și cunoștințe legate de astronomie, fizică nucleară și detectarea microundelor, dar puțini oameni aveau o asemenea deschidere științifică.

Chiar dacă un savant ar fi posedat calitățile cerute, era puțin probabil ca el să creadă că detectarea radiației CFM era tehnic posibilă, fiindcă tehnologia microundelor era încă relativ rudimentară. Iar dacă întâmplarea ar fi făcut ca el să fie optimist în privința provocării tehnice, probabil că ar fi fost sceptic în privința ipotezei ce se afla în

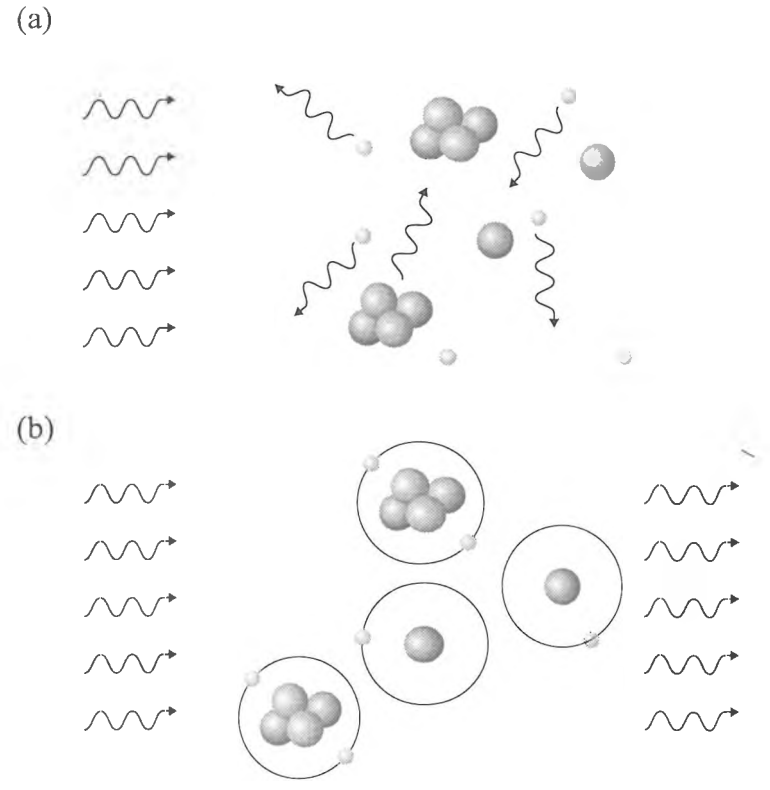


Figura 82 Conform modelului big bang, momentul recombinării a fost o piatră de hotar în istoria universului timpuriu. Desenul (a) ilustrează condiţiile din univers în cursul primilor 300 000 de ani de după big bang, când totul era plasmă. Razele de lumină erau continuu împrăştiate de particulele întâlnite, fiindcă cele mai multe dintre particule erau încărcate, iar aceasta făcea cu putinţă procesul împrăştierii. Desenul (b) ilustrează condiţiile din perioada de după recombinare, când univresul se răcise suficient pentru a permite nucleelor de hidrogen şi heliu să captureze electroni şi să formeze atomi stabili. Deoarece atomii sunt neutri, nu existau prea multe sarcini electrice neataşate care să provoace împrăştierea luminii. Universul a devenit astfel transparent pentru lumină, iar razele treceau prin cosmos nestânjenite.

spatele proiectului. Cei mai mulți astronomi nu acceptaseră modelul big bang al universului și rămăseseră fideli perspectivei conservatoare asupra unui univers etern. Și atunci, de ce să se chinuie să caute o radiație CFM rezultată în urma unui big bang care pesemne nu avusese loc? Mai târziu, Alpher avea să-și aducă aminte cum el, Herman și Gamow au încercat din greu vreme de cinci ani să-i convingă pe astronomi să ia în serios lucrările lor: „Am cheltuit îngrozitor de multă energie ținând conferințe despre cercetările noastre. Nimeni n-a mușcat din momeală; nimeni n-a spus că [radiația] poate fi măsurată."

La toate acestea se adăuga și faptul că Alpher, Herman și Gamow aveau o problemă de imagine. Lumea îi privea de regulă ca pe doi tineri parveniți conduși de un amator de farse. Gamow avea o reputație proastă din cauza poezioarelor sale și a felului cam extravagant în care aplica uneori fizica. Odată, el a susținut că Dumnezeu se află la 9,5 ani-lumină de Pământ. Estimarea lui se baza pe faptul că în 1904, la izbucnirea războiului ruso-japonez, în bisericile din întreaga Rusie se țineau slujbe cerându-se distrugerea Japoniei, dar abia în 1923 Japonia a fost lovită de cutremurul Kanto.* Probabil că rugăciunile și mânia lui Dumnezeu erau limitate de viteza luminii, iar decalajul în timp indica distanța până la sălașul Domnului. Gamow a devenit celebru și pentru *Domnul Tompkins în țara minunilor***, o carte în care prezenta un univers unde viteza luminii era de doar câțiva kilometri pe oră, așa încât un drum cu bicicleta dezvăluia efectele ciudate ale relativității, cum ar fi dilatarea duratelor și contracția lungimilor. Unii rivali, din păcate, considerau copilăresc și banal interesul lui pentru popularizarea științei. Alpher rezuma astfel situația: „Pentru că a scris despre fizică și cosmologie la nivel popular și pentru că prezentările sale erau pline de umor, se întâmpla deseori ca mulți savanți să nu-l ia în serios. Această atitudine se răsfrângea și asupra noastră, cei doi colegi ai lui, mai ales că lucram într-un domeniu atât de speculativ cum e cosmologia."

---

* Cutremurul (a cărui magnitudine s-a estimat ulterior că a fost între 7,9 și 8,4 grade pe scara Richter) a produs peste 100 000 de victime și a devastat orașe mari precum Tokio și Yokohama, lăsând fără adăpost două milioane de oameni. (*N. t.*)

** Ediția românească (revăzută și adusă la zi de Russell Stannard) a apărut la Editura Humanitas în 2007, sub titlul *Minunata lume a domnului Tompkins*. (*N. t.*)

Figura 83 Robert Herman (stânga) şi Ralph Alpher (dreapta) au creat un montaj în care apar ei şi Gamow, alături de sticla de *ylem* cu care sărbătoriseră trimiterea spre publicare a articolului Alfa–Beta–Gama. Alpher a strecurat imaginea într-un set de diapozitive, aşa încât Gamow a fost la fel de surprins ca publicul atunci când fotografia a apărut brusc pe ecran, în timpul unei conferinţe ţinute la Los Alamos în 1949. Gamow apare ca un duh ieşind din sticlă împreună cu supa primordială *ylem*.

În faţa copleşitoarei apatii cu care au fost întâmpinate lucrările lor, cei trei au fost nevoiţi să pună capăt programului lor de cercetare în 1953, când au publicat un articol final ce rezuma munca lor şi prezenta cele mai recente calcule. Gamow s-a îndreptat spre alte domenii de studiu, între care chimia ADN-ului. Alpher a părăsit lumea academică şi a devenit cercetător la General Electric, iar Herman s-a angajat la laboratoarele de cercetare de la General Motors.

Ieşirea din scenă a lui Gamow, Alpher şi Herman era simptomatică pentru starea tristă a cosmologiei big bang. După câţiva ani încurajatori, modelul big bang era confruntat cu două probleme dificile. În primul rând, pe baza deplasărilor spre roşu ale galaxiilor, vârsta universului

big bang era mai mică decât vârsta stelelor pe care le conținea, ceea ce evident era absurd. În al doilea rând, încercările de a construi atomi pornind de la big bang se blocaseră la heliu, de unde rezulta că în univers n-ar trebui să existe oxigen, carbon, azot și nici un alt element greu. Deși situația părea disperată, big bang-ul nu era o cauză pierdută. Modelul putea fi salvat iar credibilitatea sa reabilitată dacă cineva ar fi putut detecta radiația cosmică de fond de microunde prezisă de Alpher și Herman. Din păcate, nimeni nu s-a chinuit s-o caute.

Între timp, situația partizanilor unui univers etern părea mai bună. Ei se aflau pe punctul de a contraataca, propunând o versiune revizuită a modelului lor. O echipă de cosmologi din Marea Britanie elabora o teorie care nu numai că presupunea un univers veșnic, dar putea explica și deplasările spre roșu observate de Hubble. Acest nou model de univers etern avea să devină rivalul cel mai de temut al modelului big bang.

Plus ça change, plus c'est la même chose*

Fred Hoyle s-a născut la Bingley, pe 24 iunie 1915. A fost un demn fiu al ținutului Yorkshire, cosmolog, rebel și geniu creator. S-a dovedit a fi cel mai redutabil și acerb critic al modelului big bang și a avut contribuții imense la cunoașterea universului.

Hoyle și-a dovedit înzestrarea pentru observație și deducție de la o vârstă fragedă. Pe când avea doar patru ani a născocit o metodă de a afla cât e ceasul printr-un proces de analiză precisă. Fred a observat că atunci când unul din părinții lui întreba cât e ceasul, celălalt se uita la ceasornicul bunicului înainte de a răspunde. Așa încât Fred a început să întrebe în repetate rânduri cât e ceasul pentru a descoperi despre ce era vorba. Într-o seară, a fost trimis la culcare spunându-i-se că era „șapte și douăzeci", iar în clipele scurse până să adoarmă a rezolvat misterul:

> Brusc, mi-a venit o idee. Poate că de fapt timpul nu e un număr misterios, necunoscut mie, numit „șapte și douăzei", ci două numere separate, „șapte" și „douăzeci". [...] Ceasornicul avea două ace. Poate că un număr corespunde unui ac, iar celălalt celuilalt ac. Repetarea între-

* Cu cât se schimbă, cu atât rămâne la fel (în franceză, în original). (*N. t.*)

bării „Cât e ceasul?" în zilele următoare mi-a arătat că într-adevăr așa stăteau lucrurile. Pe cadranul ceasornicului numerele fiind scrise mare și clar, mi-a fost ușor să descopăr că erau două seturi de numere. Un ac era legat de un set, celălalt de celălalt set. Mai rămâneau de stabilit detalii, cum ar fi înțelesul lui „și" și „fără", dar problema era practic rezolvată, iar eu puteam acum să caut dezlegarea altor mistere, de pildă ce anume face ca vântul să bată.

Fred prefera să descopere singur tainele lumii și chiulea sistematic de la școală, lipsind uneori săptămâni de-a rândul. În autobiografia sa își amintește de ziua în care învățătorul a încercat să-i predea cifrele romane, ceea ce i se părea absolut lipsit de sens, din moment ce cifrele arabe erau mult mai logice și mai răspândite: „Asta depășea orice puteam îndura, iar ziua aceea în care inteligența mea a fost atât de grav jignită a fost ultima pe care am petrecut-o în acea școală." La altă școală, Fred a adus în clasă o floare pentru a demonstra că are mai multe petale decât spusese învățătorul cu o zi în urmă. I s-a răspuns cu o palmă pentru neobrăzarea sa. Nu e deci de mirare că Fred a plecat și nu s-a mai întors.

Tânărul Fred petrecea mai mult timp la cinematograful din cartier decât în clasă. A recuperat unele din lecțiile la care lipsise studiind scrisul din legendele filmelor mute: „Am învățat să citesc în timp ce frecventam cu asiduitate văgăuna aceea de cinematograf Hippodrome [...] o înaltă instituție de învățământ [...] și, biletul costând doar un penny, mult mai ieftină decât școala."

Câțiva ani mai târziu, lui Fred i s-a deșteptat interesul pentru astronomie. Tatăl său, un negustor de haine fără studii, se ducea deseori împreună cu el într-un oraș din apropiere să viziteze un prieten care avea un telescop. Acolo petreceau noaptea cercetând stelele și se întorceau acasă abia spre dimineață. Pasiunea lui Fred pentru astronomie a devenit și mai arzătoare când, la doisprezece ani, a citit cartea lui Arthur Eddington *Stele și atomi*.

În cele din urmă, Hoyle a fost convins să dea o șansă sistemului de educație britanic. S-a stabilit la școala secundară din Bingley și a urmat drumul bătătorit al învățământului tradițional. În 1933 a obținut o bursă la Colegiul Emmanuel de la Cambridge, unde a studiat matematica. A avut rezultate remarcabile, obținând premiul Mayhew, acordat celui mai bun student în domeniul matematicilor aplicate. După absolvire, a obținut o bursă de doctorand la Cambridge, lucrând

alături de nume mari, cum ar fi Rudolf Peierls*, Paul Dirac**, Max Born și Arthur Eddington, idolul său. După doctoratul susținut în 1939, a fost angajat la Colegiul St John, iar cercetările lui au început să se concentreze asupra evoluției stelelor.

Cariera universitară a lui Hoyle a fost apoi brusc întreruptă: „Războiul a schimbat totul. Mi-a distrus relativa bunăstare, mi-a înghițit cea mai rodnică perioadă de creație, exact când făceam primii pași în cercetare." La început a fost trimis să lucreze la Grupul Radar al Amiralității, lângă Chichester, apoi, în 1942, a fost înaintat ca șef de secție în cadrul Centrului de Transmisiuni al Amiralității, la Witley, în comitatul Surrey, unde și-a continuat cercetările în domeniul radarului. Aici s-a întâlnit cu Thomas Gold și Hermann Bondi, care îi împărtășeau preocupările pentru astronomie. În anii următori, Hoyle, Bondi și Gold aveau să devină la fel de celebri ca marii lor rivali americani Gamow, Alpher și Herman.

Bondi și Gold, care crescuseră amândoi la Viena iar apoi studiaseră la Cambridge, împărțeau o casă în apropierea laboratorului de cercetări al Amiralității. Hoyle petrecea împreună cu ei câteva nopți pe săptămână, fiindcă locuia la 80 de kilometri distanță și nu suporta să facă naveta. După o zi de lucru intens la perfecționarea sistemelor radar, cei trei se relaxau acasă ținând mici seminarii pe teme care îi preocupaseră înainte de izbucnirea războiului.

Erau în mod special interesați de observațiile lui Hubble asupra universului în expansiune și de consecințele acestora. De fiecare dată când abordau subiectul cosmologiei, fiecare din ei își asuma un anumit rol. Bondi, care era înzestrat pentru matematică, punea bazele logice ale discuțiilor și opera cu ecuațiile ce apăreau. Gold, mai înclinat spre științele naturii, oferea interpretarea fizică a ecuațiilor lui Bondi. Hoyle, figura tutelară, dirija speculațiile. După cum spunea Gold:

> Fred Hoyle ne incita întruna — ce poate însemna expansiunea lui Hubble? Aceasta era provocarea pe care Hoyle ne-o arunca mereu. Bondi stătea pe podea cu picioarele încrucișate, iar Fred ședea într-un fotoliu în spatele lui și din cinci în cinci minute îi trăgea câte un șut

---

* Rudolf Ernst Peierls (1907–1995) fizician britanic de origine germană, elev al lui Heisenberg și Pauli. Contribuții în domeniul fizicii solidului. (*N. t.*)

** Paul Adrien Maurice Dirac (1902–1984) a fost unul dintre cei mai mari fizicieni teoreticieni ai secolului. A prezis existența antimateriei. (*N. t.*)

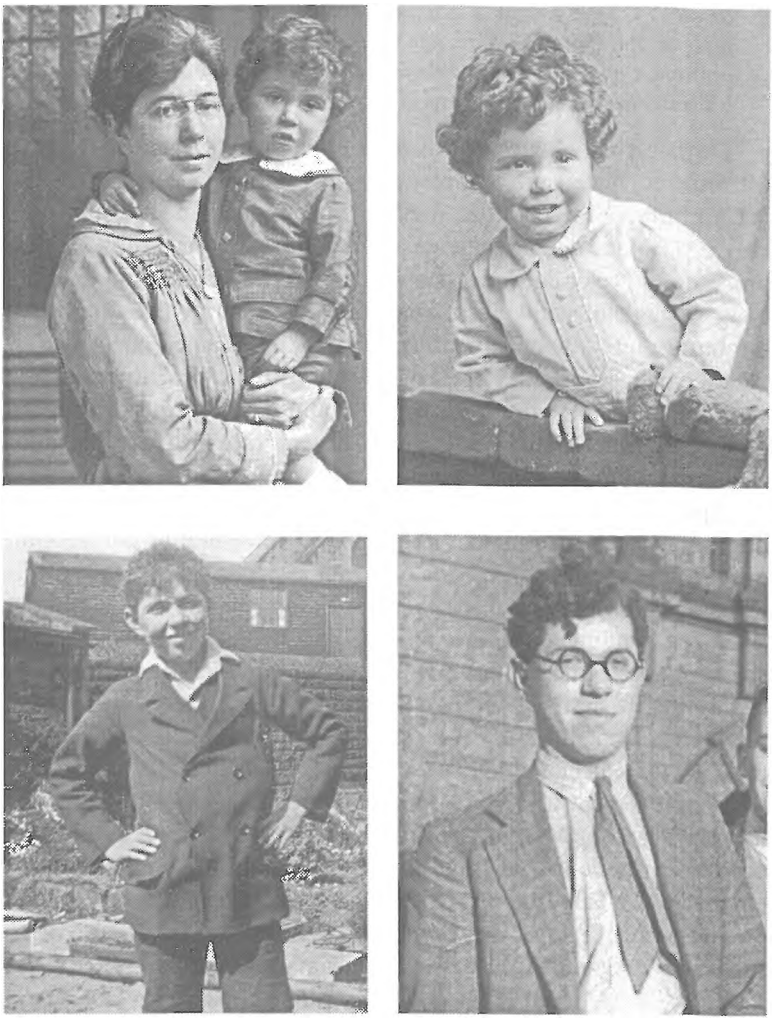


Figura 84 Fred Hoyle în brațele mamei sale, în timp ce tatăl lui lupta în tranșeele Primului Război Mondial. Vorbind despre fotografia în care apare cu ursulețul la vârsta la care abia învăța să meargă, Hoyle avea să spună mai târziu despre sine: „Eram pe-atunci convins că lumea e mult mai bună decât aveam să descopăr mai târziu că e în realitate." Fotografia lui Hoyle de pe la vârsta de zece ani îl prezintă în apogeul fazei sale de chiulangiu, în vreme ce ultima fotografie a fost făcută pe când era student la Cambridge.

ca să-l îndemne să-şi facă mai repede calculele, exact aşa cum biciuieşti un cal. Zicea: „Hai, fă asta şi asta", iar Bondi calcula cu viteză nebună, deşi nu-i era întotdeauna limpede *ce anume* calcula. Odată l-a întrebat pe Fred: „Şi acuma ce fac, înmulţesc sau împart cu 10^{46}?"

După război, Hoyle, Bondi şi Gold au urmat cariere separate în astronomie, matematică şi, respectiv, inginerie, dar locuiau cu toţii la Cambridge şi îşi continuau întâlnirile în care meditau la cosmologie. Hoyle şi Gold se duceau regulat acasă la Bondi şi analizau argumentele pro şi contra celor două teorii rivale asupra universului: modelul big bang şi modelul static etern. Discuţiile lor erau orientate împotriva big bang-ului, în parte fiindcă acesta conducea la concluzia că universul e mai tânăr decât stelele din el şi în parte fiindcă nimeni n-avea vreo idee despre ce putea să fi fost înainte de big bang. În acelaşi timp, cu toţii trebuiau să accepte că observaţiile lui Hubble conduceau spre un univers în expansiune.

Apoi, în 1946, cei trei prieteni de la Cambridge au făcut brusc o descoperire. Ei au născocit un model cu totul nou al universului. Marele merit al modelului era că părea să realizeze un compromis imposibil: descria un univers în expansiune, dar care era etern şi în esenţă neschimbător. Până atunci, expansiunea cosmică fusese sinonimă cu un moment al creaţiei big bang, dar noul model sugera că deplasările spre roşu ale lui Hubble şi galaxiile care se îndepărtau puteau fi reconciliate cu perspectiva tradiţională asupra unui univers existând dintotdeuna.

Inspiraţia pentru acest nou model pare să fi fost oferită de un film intitulat *Dead of Night*, apărut pe ecrane în septembrie 1945. Deşi produs de Studiourile Ealing, era departe de obişnuitele lor comedii englezeşti. De fapt, era primul film de groază produs în Marea Britanie după abolirea cenzurii din timpul războiului, care interzisese orice formă de divertisment ce-ar fi putut dăuna moralului.

Dead of Night, cu Mervyn Johns, Michael Redgrave şi Googie Withers, e povestea unui arhitect pe nume Walter Craig care se trezeşte într-o dimineaţă, se duce la ţară şi vizitează o fermă pentru a discuta despre un nou proiect. Ajuns acolo, le spune celor întâlniţi în casă că îi cunoaşte deja dintr-un vis recurent, tulburător. Ei reacţionează cu un amestec de suspiciune şi curiozitate şi, pe rând, îşi dezvăluie propriile lor experienţe stranii, oferindu-i lui Craig o serie de cinci povestiri de groază, de la povestea unui fratricid până la relatarea unui

psihiatru despre un ventriloc psihopat. Cu fiecare poveste, Craig devine tot mai neliniştit, iar filmul îşi atinge punctul culminant într-un vârtej de teroare coşmarescă. Brusc, se trezeşte şi-şi dă seama că tot acest şir de evenimente nu fusese decât un vis rău. Se scoală din pat, se îmbracă şi porneşte să viziteze ferma pentru a discuta despre noul proiect. Ajuns acolo, le spune celor întâlniţi în casă că îi cunoaşte deja dintr-un vis recurent, tulburător...

Filmul are o proprietate stranie: povestea evoluează în timp, apar noi personaje iar conflictul se dezvoltă permanent, dar se termină exact în punctul de unde a început. Se întâmplă o mulţime de lucruri, însă la sfârşitul filmului nimic nu s-a schimbat. Datorită acestei structuri circulare, filmul ar putea continua la nesfârşit.

Cei trei au văzut filmul într-un cinematograf din Guildford în 1946, iar la scurt timp lui Gold i-a venit o idee remarcabilă. Peste ani, Hoyle avea să-şi amintească reacţia lui Gold la *Dead of Night*:

> Tommy Gold a fost foarte impresionat, iar mai târziu, în seara acelei zile, a spus: „Şi dacă universul e alcătuit în felul ăsta?" Ai tendinţa să-ţi închipui că situaţiile neschimbătoare sunt neapărat statice. Filmul de groază a izbutit să gonească din minţile noastre acestă idee greşită. Pot exista situaţii neschimbătoare care să fie totodată dinamice, cum ar fi curgerea molcomă a unui fluviu.

Filmul l-a inspirat pe Gold să elaboreze un model complet nou al universului. Şi în cadrul acestui model universul se extinde, numai că el se deosebeşte de modelul big bang în altă privinţă. Partizanii big bang-ului făcuseră presupunerea că un univers în expansiune implica faptul că, în trecut, universul fusese mai mic, mai dens şi mai fierbinte, ceea ce conducea în mod logic spre un moment al creaţiei cu câteva miliarde de ani în urmă. Gold însă putea acum concepe un univers în expansiune care ar fi existat dintotdeauna într-o stare în linii mari neschimbată. La fel ca în *Dead of Night*, Gold îşi închipuia un univers care evolua cu timpul, dar rămânea în esenţă neschimbat.

Înainte de a explica mai amănunţit ideea aparent paradoxală a lui Gold, trebuie să observăm că acest concept de schimbare continuă cuplat cu absenţa schimbării poate fi întâlnit pretutindeni în jurul nostru. Hoyle a dat exemplul unui fluviu, care curge continuu, dar în linii mari nu se modifică. Există de asemenea un tip de nori, altocumulus lenticular, care rămâne în apropierea vârfului unui munte chiar şi când vântul bate cu putere. Aerul umed e atras spre o parte a norului, unde se răceşte, condensează, formează noi picături şi se

Figura 85 Fred Hoyle a avut contribuții în multe domenii din fizică și astronomie, dar a rămas celebru în primul rând pentru modelul de stare staționară a universului.

adaugă norului. În același timp, vântul împrăștie picăturile de apă din cealaltă parte a norului, iar ele cad pe munte, se încălzesc și se evaporă. Norul primește picături și pierde picături, dar în ansamblu rămâne neschimbat. Chiar și trupurile noastre demonstrează acest principiu al transformării în armonie cu constanța: celulele noastre mor spre a fi înlocuite cu alte celule, care la rândul lor mor spre a fi înlocuite cu altele și așa mai departe. De fapt, noi ne schimbăm aproape toate celulele în decurs de câțiva ani, și totuși rămânem aceeași persoană.

Prin urmare, cum a aplicat Gold acest principiu — dezvoltare continuă care nu duce la schimbare — la scara întregului univers? Dezvoltarea continuă e evidentă, fiindcă universul pare să se extindă continuu. Dacă n-ar fi decât expansiunea, universul s-ar transforma și ar deveni cu timpul mai puțin dens, exact ce afirmă modelul big bang. Gold însă a introdus și un alt aspect în evoluția universului, unul care contracarează efectul de rarefiere al expansiunii și are ca rezultat absența unei schimbări globale. Ideea era că universul compensează expansiunea creând materie nouă în golurile crescânde dintre galaxiile ce se îndepărtează, așa încât densitatea la scara întregului univers rămâne aceeași. Un asemenea univers ar părea că se dezvoltă și se extinde, dar în linii mari ar rămâne neschimbat, constant și etern. Universul ar fi golit prin expansiune și umplut la loc.

Conceptul de univers în evoluție, dar neschimbător a devenit cunoscut sub numele de *modelul stării staționare*. Când Gold a venit cu această idee, Hoyle și Bondi au spus că e o teorie trăsnită. Seara, acasă la Bondi, Hoyle credea că teoria lui Gold putea fi desființată până la cină. Pe măsură ce foamea îi chinuia tot mai rău, devenea din ce în ce mai limpede că această cosmologie a lui Gold se susținea și era compatibilă cu un spectru larg de observații astronomice. Era o teorie a universului absolut rezonabilă. Pe scurt, dacă universul e infinit, atunci își poate dubla dimensiunea și rămâne infinit și neschimbat atâta timp cât între galaxii e creată materie, după cum se vede în figura 86.

Întreaga gândire cosmologică fusese călăuzită în trecut de principiul cosmologic conform căruia porțiunea noastră din univers, Calea Lactee și împrejurimile ei, este în mod esențial la fel ca tot restul universului. Cu alte cuvinte, nu ocupăm un loc privilegiat în univers. Einstein a folosit acest principiu când a aplicat prima oară relativitatea generală întregului univers. Gold însă făcea un pas mai departe

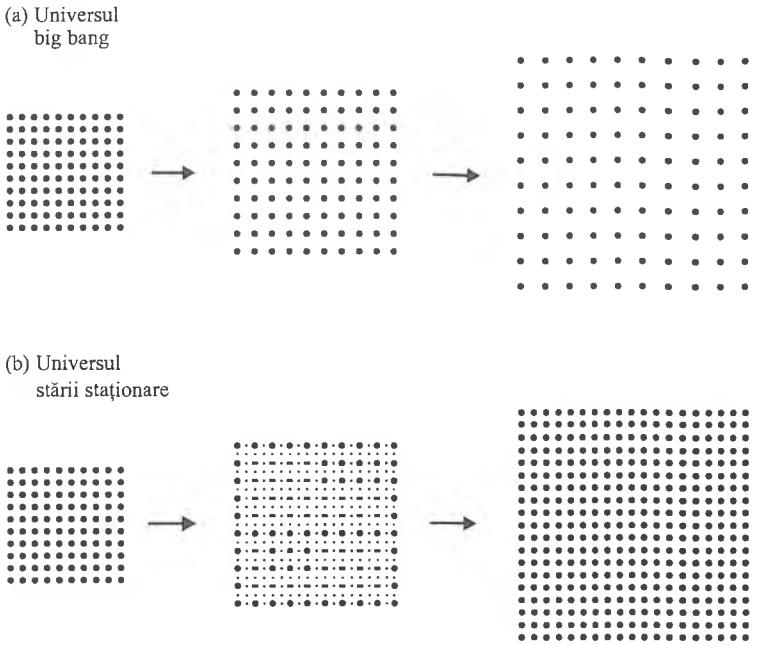


Figura 86 Desenul (a) ilustrează expansiunea într-un univers big bang. O regiune din univers își dublează aria, apoi și-o mai dublează o dată. Punctele reprezentând galaxiile se răresc, așa încât cu timpul universul devine tot mai puțin dens.

Desenul (b) ilustrează expansiunea în universul stării staționare. Și aici o regiune își dublează aria de două ori, dar de data aceasta noi galaxii apar între cele vechi, după cum se vede în stadiul intermediar al evoluției. Acești germeni de galaxie cresc, devenind galaxii în toată puterea cuvântului, așa încât în faza a treia universul arată la fel ca în prima. S-ar putea ridica obiecția că, deși densitatea universului e aceeași, universul s-a schimbat pentru că e de patru ori mai mare. Dar, dacă universul e infinit, de patru ori infinit înseamnă tot infinit. Prin urmare, un univers inifinit se poate într-adevăr extinde și rămâne în același timp neschimbat, atâta timp cât golurile create de expansiune sunt umplute cu noi galaxii.

postulând *principiul cosmologic perfect*: nu numai porțiunea noastră de univers e la fel ca oricare alta, ci și epoca noastră în univers e la fel ca oricare epocă. Prin urmare, nu trăim nici într-un spațiu privilegiat din univers, și nici într-un timp privilegiat. Universul nostru e în linii mari același nu numai pretutindeni, dar și oricând. Gold credea că modelul stării staționare era o consecință firească a acestui principiu cosmologic perfect.

Trioul de la Cambridge a dus mai departe ideea lui Gold, publicând în 1949 două articole. Primul, semnat de Gold și Bondi, prezenta modelul stării staționare în termeni general-filozofici. Hoyle dorea să-l exprime într-o formă matematică mai detaliată și a publicat un articol separat. Deosebirea stilistică era însă doar superficială. Hoyle, Gold și Bondi au continuat să lucreze împreună pentru a impune restului lumii modelul stării staționare.

Modelul stării staționare se confrunta cu două întrebări de neocolit. Unde se afla toată această materie care era creată și de unde provenea ea? Hoyle a răspuns că nimeni nu trebuia să se aștepte să vadă stele și galaxii apărând de nicăieri. Compensarea expansiunii universului cerea o rată de creație de doar „un atom pe secol într-un volum egal cu cel al lui Empire State Building", ceea ce observatorii de pe Pământ nu ar putea detecta. Pentru a explica apariția acestor atomi, Hoyle a propus un *câmp al creației*, cunoscut și sub numele de câmpul C. Această entitate ipotetică se presupunea a umple întreg universul, generând spontan atomi și menținând statu quo-ul. Hoyle trebuia să recunoască că n-avea nici o idee despre fizica din spatele câmpului C plăsmuit de el, dar modelul creației continue i se părea mult mai rațional decât creația provenind dintr-un atotputernic big bang.

Pentru cosmologi alegerea era acum clară. Puteau opta fie pentru universul big bang, cu un moment al creației, o istorie finită și un viitor foarte diferit de prezent, fie pentru universul stării staționare, cu o creație continuă, o istorie eternă și un viitor care în linii mari ar semăna cu prezentul.

Hoyle era nerăbdător să demonstreze că modelul stării staționare reprezenta universul adevărat și a sugerat un test definitiv care ar dovedi că avea dreptate. Conform modelului stării staționare, materia nouă e creată pretutindeni, ceea ce cu timpul ar da naștere pretutindeni la noi galaxii. Aceste galaxii-copii ar trebui să existe și în vecinătatea noastră, și la celălalt capăt al universului, și la orice distanță de noi.

Dacă modelul stării staționare era corect, astronomii ar trebui să vadă aceste galaxii-copii în tot universul. Predicțiile modelului big bang erau însă diferite. El susținea că întregul univers s-a născut simultan, iar totul ar fi trebuit să fi evoluat într-un mod oarecum similar, așa încât să fi existat un timp când toate galaxiile s-au aflat în stadiul „copilăriei", apoi un timp al „adolescenței" lor, iar acum mai toate să fi ajuns la „maturitate". Prin urmare, nu am putea vedea în ziua de azi galaxii-copii decât cu telescoape extrem de puternice care pot privi la mare depărtare în univers. Aceasta deoarece luminii emise de o galaxie foarte îndepărată i-ar fi luat atât de mult timp ca să ajungă la noi încât am vedea-o așa cum arăta în trecutul ei îndepărat, pe când era o galaxie-copil.

Prin urmare, modelul stării staționare prezicea că galaxiile-copii sunt răspândite în mod egal prin tot universul, în timp ce, conform modelului big bang, nu am putea vedea galaxii-copii decât la distanțe cosmice uriașe. Din păcate, la sfârșitul anilor '40, când a început disputa între starea staționară și big bang, nici cele mai bune telescoape nu erau suficient de puternice pentru a permite astronomilor să distingă între galaxiile-copii și galaxiile mai mature. Distribuția galaxiilor-copii rămânea neccunoscută, iar disputa dintre cele două modele rămânea în suspensie.

În absența observațiilor precise sau a datelor concludente care să facă diferența între modelul big bang și cel al stării staționare, cele două tabere rivale au apelat la remarci caustice pe care le presărau printre argumente științifice. De pildă, George Gamow a observat că majoritatea partizanilor stării staționare se aflau în Anglia și s-a folosit de asta pentru a-i tachina: „Nu e de mirare că teoria stării staționare e atât de populară în Anglia, și asta nu doar pentru că a fost propusă de trei dintre fiii ei (unul născut chiar acolo, ceilalți importați), H. Bondi, T. Gold și F. Hoyle, ci și fiindcă politica dintotdeauna a Marii Britanii a fost să mențină statu quo-ul în Europa."

Hoyle și Gold, iar în oarecare măsură și Bondi, erau rebeli pursânge, așa încât Gamow n-avea dreptate să glumească spunând că modelul stării staționare era un produs titpic al conservatorismului britanic. În realitate, Hoyle punea în mod aproape obsesiv totul sub semnul întrebării. Uneori o făcea cu temei, dar de multe ori savantul din el se lăsa dus de val. Odată, de pildă, Hoyle a susținut că fosila unui arheopterix era un fals și și-a exprimat serioase îndoieli în legătură

Figura 87 Thomas Gold, Hermann Bondi şi Fred Hoyle, cei care au inventat modelul stării staționare.

cu teoria lui Darwin privind evoluția prin selecție naturală. A scris în revista *Nature*: „Probabilitatea de apariție a vieții din materia neînsuflețită este de unu la o cifră urmată de 40 000 de zerouri. [...] Numărul e suficient de mare pentru a-l îngropa pe Darwin cu tot cu teoria evoluției."

Hoyle a găsit apoi o analogie pentru a ilustra aparenta imposibilitate a evoluției complexe: „Închipuiți-vă un ciclon care mătură o curte plină cu deşeuri, iar după ce ciclonul îşi continuă drumul lasă în urmă un avion Boeing 747 nou-nouț, care a fost desigur făurit piesă cu piesă şi asamblat prin pură întâmplare din deşeurile aflate în curte."

Comentarii de acest gen au subminat autoritatea lui Hoyle şi, prin asociere, au dăunat reputației modelului stării staționare în rândul cosmologilor. Cei trei purtători de cuvânt ai stării staționare erau de asemenea criticați pentru că nu aveau nici o legătură cu astronomia observațională. Astronomul canadian Ralph Williamson spunea despre Hoyle că „nu are experiență în manevrarea marilor telescoape care fac cu putință astronomia modernă". Cu alte cuvinte, Williamson susținea că doar cei ce explorează efectiv cosmosul ar trebui să emită teorii în privința lui.

Bondi l-a apărat pe Hoyle atacând direct comentariul hazardat al lui Williamson: „E cam același lucru cu a spune că doar instalatorii și lăptarii au dreptul să se pronunțe în probleme de hidrodinamică."

Williamson l-a atacat pe Hoyle și afirmând că e prea speculativ și nu-și întemeiază cosmologia pe observații astronomice concrete, pe fapte solide. Bondi s-a grăbit din nou să răspundă în numele lui Hoyle: „Dar ce e un fapt astronomic? E cel mult o pată pe o placă fotografică!" Ambele tabere coborâseră la nivelul certurilor și jignirilor meschine.

Sătul de jocuri mărunte și atacuri personale, Hoyle a trecut prin perioade în care prefera să-și explice ideile despre univers în fața publicului decât să se adreseze colegilor. A scris câteva articole și a publicat o serie de cărți de popularizare, marcate de un stil viu și lucid. Iată un exemplu: „Spațiul nu e deloc îndepărtat. E la numai o oră de mers cu mașina, dacă mașina ar putea merge drept în sus." Mânuia atât de bine cuvintele încât în cele din urmă a scris scenariul unui serial BBC *A de la Andromeda*, o piesă pentru copii intitulată *Rachetele din Ursa Mare* și o serie de romane științifico-fantastice, între care *Norul negru*.

În principala lui carte de popularizare a științei, *Natura universului*, Hoyle și-a susținut în detaliu modelul stării staționare: „Poate părea o idee ciudată, și sunt de-acord că este, dar în știință nu contează cât de ciudată pare o idee atâta timp cât ea funcționează — adică atâta timp cât ideea poate fi exprimată într-o formă precisă, iar consecințele ei se dovedesc a fi în acord cu observațiile."

E interesant de observat că George Gamow, principalul adversar al lui Hoyle în disputa dintre big bang și starea staționară, și-a expus la rândul lui teoriile în texte de popularizare. Amândoi au avut un impact puternic asupra felului în care publicul a înțeles știința, motiv pentru care amândoi au primit prestigiosul premiu Kalinga pentru popularizarea științei, oferit de UNESCO — Gamow în 1956, iar Hoyle în 1967.

Lupta pentru obținerea unui sprijin popular e bine ilustrată de o ciudată scenă de operă din *Domnul Tompkins în țara minunilor*. Gamow l-a inclus pe Hoyle în operă și l-a făcut să cânte o arie care parodia teoria stării staționare. Pentru a realiza ce-și pusese în gând, Gamow l-a introdus pe Hoyle în poveste făcându-l să se materializeze „din nimic, în spațiul dintre galaxiile strălucitoare".

Cel mai semnificativ incident în lupta populistă pentru controlul asupra cosmosului a avut loc în 1950, în cadrul unei emisiuni radiofonice BBC. BBC-ul avea dosarele celor care ar fi putut fi invitați să participe la programele sale, iar pe dosarul lui Hoyle stătea scris „Nu apelați la acest om", probabil fiindcă se considera că agită mereu spiritele în lumea științifică. Și totuși, Peter Laslett, producător și cercetător la Cambridge, a nesocotit avertismentul și l-a invitat pe Hoyle să susțină o serie de cinci conferințe radiodifuzate. Seria a fost transmisă duminicile, la ora opt seara, iar transcrierea ei publicată în revista *Listener*. Întregul proiect a fost un imens succes, făcând din Hoyle o celebritate.

Seria radiofonică a rămas și în ziua de azi în memoria ascultătorilor datorită unui moment istoric din conferința finală. Deși termenul „big bang" a apărut în capitolele precedente ale acestei cărți, folosirea sa a fost în realitate anacronică, fiindcă termenul a fost creat de Hoyle în cursul acestei emisiuni radiofonice. Până ca Hoyle să născocească acest nume simpatic, teoria fusese în general cunoscută ca *modelul evoluției dinamice*.

Termenul „big bang" a apărut în timp ce Hoyle arăta că existau două teorii rivale privind cosmosul. Pe de o parte, evident, propriul său model al stării staționare, iar pe de alta modelul care implica un moment al creației:

> Una din ele se distinge prin presupunerea că universul și-a început viața cu un timp finit în urmă, într-o singură explozie uriașă. Pornind de la această ipoteză, actuala expansiune e urma violenței acestei explozii. Această idee a big bang-ului mi se pare însă nesatisfăcătoare. [...] Din punct de vedere științific, această ipoteză big bang e cea mai puțin atrăgătoare dintre cele două. Căci e vorba de un proces irațional care nu poate fi descris în termeni științifici. [...] Din punct de vedere filozofic, de asemenea, nu văd nici un motiv să prefer ideea big bang-ului.

Când Hoyle a folosit termenul „big bang", vocea lui a căpătat un ton disprețuitor, de parcă ar fi vrut să ridiculizeze teoria rivală. Însă, cu timpul, atât partizanii cât și adversarii modelului big bang au adoptat termenul. Fără să vrea, cel mai acerb critic al modelului big bang l-a botezat.

CAPITOLUL 4 — HOINARII COSMOSULUI

REZUMAT

1. LEMAÎTRE A LUAT OBSERVAȚIILE LUI HUBBLE PRIVIND EXPANSIUNEA UNIVERSULUI DREPT DOVEZI CĂ MODELUL BIG BANG AL UNIVERSULUI (CREAȚIE ȘI EVOLUȚIE) ERA CORECT.

2. EINSTEIN ȘI-A SCHIMBAT PĂREREA ȘI A SUSȚINUT MODELUL BIG BANG.
   - ⇨ DAR MAJORITATEA SAVANȚILOR CONTINUAU SĂ CREADĂ ÎN MODELUL TRADIȚIONAL AL UNUI UNIVERS ETERN ȘI STATIC.
   - ⇨ EI AU CRITICAT MODELUL BIG BANG FIINDCĂ DIN EL REZULTA CĂ UNIVERSUL ERA MAI TÂNĂR DECÂT STELELE PE CARE LE CONȚINE.

UNIVERS BIG BANG
CONTRA
UNIVERS ETERN ȘI STATIC

PARTIZANII BIG BANG-ULUI TREBUIAU SĂ GĂSEASCĂ O DOVADĂ CĂ TEORIA LOR ERA CORECTĂ. ALTMINTERI, UNIVERSUL ETERN ȘI STATIC AR FI RĂMAS TEORIA DOMINANTĂ.

FIZICA ATOMICĂ ERA UN DOMENIU VITAL PENTRU TESTARE: PUTEA OARE EXPLICA MODELUL BIG BANG DE CE ATOMII UȘORI (DE EX. HIDROGENUL ȘI HELIUL) SUNT MAI RĂSPÂNDIȚI DECÂT ATOMII GREI (DE EX. FIERUL ȘI AURUL) ÎN UNIVERSUL DE AZI?

3. RUTHERFORD A DEDUS STRUCTURA ATOMULUI.
   NUCLEUL CENTRAL CONȚINE PROTONI ⊕ ȘI NEUTRONI, IAR ÎN JURUL LUI SE ROTESC ELECTRONI ⊖

FUZIUNE: DOUĂ NUCLEE MICI SE UNESC PENTRU A FORMA UN NUCLEU MAI MARE ȘI ELIBEREAZĂ ENERGIE.
DE ASTA STRĂLUCEȘTE SOARELE!

(4) ANII 1940 - GAMOW, ALPHER ȘI HERMAN AU DESCRIS UNIVERSUL TIMPURIU CA PE O SUPĂ SIMPLĂ ȘI DENSĂ DE PROTONI, NEUTRONI ȘI ELECTRONI. EI SPERAU SĂ POATĂ FORMA ATOMI TOT MAI MARI PRIN FUZIUNE LA TEMPERATURA RIDICATĂ A BIG BANG-ULUI.

⇩ ⇩

SUCCES: BIG BANG-UL PUTEA EXPLICA DE CE ÎN ALCĂTUIREA UNIVERSULUI DE AZI 90% SUNT ATOMI DE HIDROGEN ȘI 9% ATOMI DE HELIU.

EȘEC: BIG BANG-UL NU PUTEA EXPLICA FORMAREA ATOMILOR MAI GREI DECÂT HELIUL.

(5) ÎNTRE TIMP, GAMOW, ALPHER ȘI HERMAN AU PREZIS CĂ UN ECOU LUMINOS AL BIG BANG-ULUI TREBUIE SĂ FI FOST EMIS LA 300 000 DE ANI DUPĂ MOMENTUL CREAȚIEI ȘI AR PUTEA FI DETECTAT ÎN PREZENT.

⇩

DESCOPERIREA ACESTUI ECOU AR DOVEDI EXISTENȚA BIG BANG-ULUI, DAR NIMENI N-A CĂUTAT AȘA-NUMITA RADIAȚIE COSMICĂ DE FOND DE MICROUNDE (CFM).

(6) TOT ÎN ANII 1940 HOYLE, GOLD ȘI BONDI AU PROPUS MODELUL STĂRII STAȚIONARE, CONFORM CĂRUIA UNIVERSUL SE AFLĂ ÎN EXPANSIUNE, DAR E CREATĂ MATERIE NOUĂ CARE FORMEAZĂ NOI GALAXII ÎN INTERSTIȚIILE CRESCÂNDE DINTRE GALAXII.

⇩

EI SUȘTINEAU CĂ UNIVERSUL EVOLUEAZĂ, DAR ÎN ANSAMBLUL LUI RĂMÂNE NESCHIMBAT ȘI DUREAZĂ DINTOTDEAUNA.
ACEASTĂ PERSPECTIVĂ ERA COMPATIBILĂ CU DEPLASĂRILE SPRE ROȘU OBSERVATE DE HUBBLE ȘI ÎNLOCUIA MODELUL TRADIȚIONAL DE UNIVERS ETERN ȘI STATIC.

DISPUTA COSMOLOGICĂ SE CONCENTRA ACUM ASUPRA ACESTOR MODELE:

UNIVERS BIG BANG
ȘI
UNIVERS STAȚIONAR

COSMOLOGII ERAU ÎMPĂRȚIȚI ÎN DOUĂ TABERE CARE SUȘTINEAU CELE DOUĂ MODELE.

Capitolul 5

SCHIMBAREA PARADIGMEI

Vedeți dumneavoastră, telegraful e un fel de pisică foarte, foarte lungă. O tragi de coadă la New York și capul ei miaună la Los Angeles. Ați priceput? Și radioul funcționează exact la fel: trimiți semnale de-aici, iar ei le primesc dincolo. Singura diferență e că nu există nici o pisică.

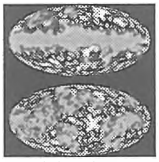
ALBERT EINSTEIN

Cea mai emoționantă expresie pe care o poți auzi în știință, cea care vestește noi descoperiri, nu e „Evrika!" (am găsit), ci „E nostim..."

ISAAC ASIMOV

În general, căutăm o lege nouă prin următorul proces. Întâi ghicești. Nu râdeți, este pasul cel mai important. Apoi calculezi consecințele. Compari consecințele cu experiența. Dacă sunt în dezacord cu experiența, ai ghicit greșit. Această afirmație banală e cheia științei. Nu contează cât de frumos e ce-ai ghicit, cât de deștept ești sau cum te cheamă. Dacă nu e în acord cu experiența, e greșit. Asta e tot.

RICHARD FEYNMAN



Existau acum două teorii dominante care se luptau pentru stăpânirea universului. Într-un colț se afla modelul big bang, care evoluase din teoria relativității generale a lui Einstein grație lui Lemaître și Friedmann. Ea propunea un model unic al creației urmat de o expansiune rapidă, iar Hubble observase că universul se extinde și galaxiile se îndepărtează. De asemenea, Gamow și Alpher arătaseră că big bang-ul putea explica abundențele hidrogenului și heliului. În celălalt colț se afla modelul stării staționare, inventat de Hoyle, Gold și Bondi, care se întorcea la perspectiva conservatoare asupra unui univers etern, cu deosebirea că includea un element de creație și expansiune continuă. Această creație și expansiune făcea ca modelul să fie compatibil cu toate observațiile astronomice, inclusiv cu deplasările spre roșu ale spectrelor provenind de la galaxii care se îndepărtează, observate de Hubble.

Disputa științifică privind forța teoriilor rivale are de regulă loc în amfiteatrele universităților sau la conferințele de elită care reunesc marile minți. Când s-a pus însă întrebarea dacă universul e etern sau creat — problema cosmologică ultimă — discuția a cuprins arena publică, încurajată în parte și de diferitele cărți de popularizare sau de emisiunile radiofonice ale lui Hoyle, Gamow și alți cosmologi.

Nu e deci de mirare că Biserica Catolică dorea să-și facă cunoscut punctul de vedere în diputa cosmologică. Papa Pius al XII-lea, care afirmase deja că biologia evoluționistă nu intra în conflict cu învățăturile Bisericii, a venit pe 22 noiembrie 1951 la Academia Pontificală de Științe pentru a ține un discurs intitulat „Dovezile existenței lui Dumnezeu în lumina științelor moderne ale naturii". În particular, papa a sprijinit puternic modelul big bang, pe care îl privea ca pe o interpretare științifică a Genezei și ca pe o dovadă a existenței lui Dumnezeu:

> Astfel, totul pare să indice faptul că universul material are un viguros început în timp, primind mari cantități de energie, în virtutea căruia, mai întâi foarte rapid, apoi tot mai încet, a evoluat către starea actuală. [...] De fapt, se pare că știința zilelor noastre, făcând un pas impetuos cu milioane de veacuri în urmă, a izbutit să depună mărturie că primordialul *Fiat lux* a fost pronunțat în clipa când, împreună cu materia, din nimic s-a desprins un ocean de lumină și radiație, iar apoi particulele elementelor chimice s-au despărțit pentru a forma milioane de galaxii. [...] Prin urmare, există un Creator. Prin urmare, Dumnezeu există! Deși nu e nici explicit și nici complet, acesta este răspunsul pe care îl așteptam de la știință și pe care generația umană actuală îl așteaptă și ea.

Discursul papei, care vorbea și despre Hubble și observațiile lui, a ajuns pe prima pagină a ziarelor din întreaga lume. Elmer Davis, prieten cu Hubble, a citit discursul și nu s-a putut abține să-i scrie lui Hubble, glumind: „M-am obișnuit să te văd cum primești distincții tot mai mari; dar până să citesc ziarul de azi nu mi-am închipuit că papa se va folosi de tine pentru a demonstra existența lui Dumnezeu. Asta ar trebui să-ți aducă în curând sanctificarea."

Surprinzător, ateul George Gamow s-a bucrat de atenția pe care papa o acorda domeniului său de cercetare. I-a scris lui Pius al XII-lea după discurs, trimițându-i un articol de popularizare pe teme de cosmologie și un exemplar din cartea sa *Crearea universului*. A mers până într-acolo încât s-a folosit de șiretlicul de a-l cita pe papă într-un articol publicat în 1952 în prestigioasa *Physical Review*, știind foarte bine că în felul acesta își va irita colegii, care voiau să evite orice suprapunere între știință și religie.

Majoritatea copleșitoare a savanților erau de părere că hotărârea asupra validității modelului big bang n-avea nici o legătură cu papa, iar sprijinul său n-ar trebui să fie folosit într-o dezbatere științifică serioasă. De fapt, în scurt timp, poziția papei a devenit stânjenitoare pentru partizanii big bang-ului. Adversarii lor din tabăra stării staționare au început să folosească discursul papei ca să-și bată joc de big bang. Fizicianul britanic William Bonner, de pildă, a sugerat că teoria big bang era o parte a conspirației menită să susțină creștinismul: „Motivul ascuns este, desigur, acela de a-l introduce pe Dumnezeu în calitate de creator. Pare să fie tocmai prilejul pe care teologia

creştină îl aştepta din secolul al XVII-lea, de când ştiinţa a început să detroneze religia din minţile oamenilor raţionali."

Fred Hoyle era la fel de sarcastic când venea vorba despre asocierea big bang-ului cu religia, considerându-l un model construit pe baze iudeo-creştine. Opiniile lui erau împărtăşite de Thomas Gold, colaboratorul său. Când Gold a auzit că Pius al XII-lea sprijinise big bang-ul, răspunsul lui a fost scurt şi la obiect: „Papa a susţinut şi modelul geocentric."

Savanţii priviseră cu îngrijorare încercările Vaticanului de a influenţa cursul ştiinţei încă de când Urban al VIII-lea îl obligase pe Galilei, în 1633, să retracteze. Uneori însă îngrijorarea lor se învecina cu paranoia, după cum observa englezul George Thomson, laureat al premiului Nobel: „Probabil că toţi fizicienii ar crede în creaţie dacă Biblia nu ar fi vorbit despre asta cu mulţi ani în urmă, făcând-o să pară demodată."

Poate că cea mai importantă voce în disputa privind rolul teologiei în cosmologie a fost cea a Monseniorului Georges Lemaître, coinventator al modelului big bang şi membru al Academiei Pontificale de Ştiinţe. Credinţa fermă a lui Lemaître era că eforturile ştiinţei trebuie să rămâne separate de religie. Referindu-se la teoria big bang, el a spus: „După părerea mea, o asemenea teorie se află cu totul în afara problemelor metafizice sau religioase." Lemaître fusese întotdeauna atent să nu amestece ştiinţa cu teologia, încredinţat fiind că prima îl ajuta să înţeleagă mai limpede lumea materială, în timp ce cealaltă îl călăuzea spre o mai adâncă înţelegere a domeniului spiritual: „Căutarea permanentă a adevărului presupune atât cercetarea sufletelor, cât şi pe cea a spectrelor." Nu e deci de mirare că a fost nemulţumit de felul în care papa amestecase deliberat teologia şi cosmologia. Un student care l-a văzut pe Lemaître după ce s-a întors de la discursul ţinut de papă la Academie îşi amintea că „a intrat ca o furtună în sală [...] veselia lui dintotdeauna dispăruse".

Lemaître era hotărât să-l descurajeze pe papă să mai facă alte declaraţii despre cosmologie, în parte pentru a pune capăt situaţiei neplăcute în care ajunseseră partizanii big bang-ului, dar şi pentru a evita dificultăţile cu care Biserica s-ar fi putut confrunta. Dacă papa — luat de valul entuziasmului său pentru modelul big bang — ar susţine metoda ştiinţifică şi ar utiliza-o în apărarea Bisericii, această politică risca să se întoarcă împotriva sa în cazul în care noi descoperiri

ştiinţifice ar contrazice învăţăturile biblice. Lemaître a luat legătura cu Daniel O'Connell, directorul Observatorului de la Vatican şi consilierul ştiinţific al papei, şi i-a sugerat că pot încerca împreună să-l convingă pe papă să păstreze tăcere asupra cosmologiei. Papa a fost suprinzător de flexibil şi a dat curs rugăminţii — modelul big bang nu mai era un subiect potrivit pentru discursurile papale.

Dacă în Vest cosmologii începeau să aibă oarecare succes în despărţirea lor de influenţa religioasă, cei din Est continuau să aibă de-a face cu neaveniţi care încercau să influenţeze dezbaterea ştiinţifică. În Uniunea Sovietică, influenţa nu era teologică, ci politică, şi nu era în favoarea big bang-ului, ci împotriva lui. Ideologii sovietici se opuneau modelului big bang fiindcă nu era în conformitate cu învăţăturile ideologiei marxist-leniniste. În particular, ei nu puteau accepta un model care afirma existenţa unui moment al creaţiei, odată ce creaţia presupunea un Creator. Ei percepeau de asemenea big bang-ul ca pe o teorie occidentală, chiar dacă Aleksandr Friedmann din St Petersburg fusese cel care pusese bazele modelului.

Andrei Jdanov, unul dintre responsabilii pentru epurările staliniste din anii '30 şi '40, a rezumat poziţia sovietică în privinţa big bang-ului: „Fasificatorii ştiinţei vor să reînvie basmul despre originea lumii din nimic." I-a demascat şi persecutat pe cei pe care-i numea „agenţii lui Lemaître". Printre victimele sale s-a numărat şi astrofizicianul Nikolai Kozârev, care în 1937 a fost trimis într-un lagăr de concentrare şi a fost condamnat la moarte pentru că a continuat să discute despre modelul big bang. Din fericire, autorităţile n-au avut pe moment la dispoziţie un pluton de execuţie, iar condamnarea la moarte a fost comutată şi a primit zece ani de detenţie. După intervenţiile colegilor săi, Kozârev a fost în cele din urmă eliberat şi i s-a permis să se întoarcă să lucreze la Observatorul Pulkovo.

Vsevolod Frederiks şi Matvei Bronştein, de asemenea partizani ai modelului big bang, au fost, dintre toţi, cel mai aspru pedepsiţi. Frederiks a fost închis în mai multe lagăre şi a murit după cinci ani de muncă silnică, iar Bronştein a fost executat la scurt timp după arestare, sub acuzaţia de spionaj. Folosindu-se de exemplul acestor savanţi şi al altora ca ei, sovieticii au înăbuşit practic cercetarea ştiinţifică serioasă, dând un semnal care a reverberat de-a lungul deceniilor comunismului. Astronomul rus V.E. Lov a urmat linia partitului afirmând că modelul big bang este „o tumoare canceroasă care roade teoria

astronomică modernă și este principalul dușman ideologic al științei materialiste". Și Boris Voronțov-Veliaminov, unul din colegii lui Lov, s-a situat pe linia partidului numindu-l pe Gamow un „apostat americanizat" din cauza fugii sale în Occident, afirmând că el „lansează noi teorii numai de dragul senzaționalului".

Dacă teoria big bang era considerată știință burgheză, nici teoria stării staționare n-a avut o soartă mai bună în marea schemă a ideologiei comuniste, pentru că, deși într-un mod treptat și continuu, implica la rândul ei creația. În 1958, Fred Hoyle a participat la întrunirea Uniunii Astronomice Internaționale de la Moscova și și-a consemnat reacția față de curentul politic subteran care domina știința sovietică: „Închipuiți-vă uimirea mea de la prima vizită în Uniunea Sovietică atunci când savanții ruși mi-au spus cu toată seriozitatea că ideile mele ar fi fost mai ușor de acceptat în Rusia dacă aș fi folosit alte cuvinte. Expresiile «origine» și «formarea materiei» erau în regulă, dar «creație» nu-și avea locul în Uniunea Sovietică."

Faptul că politicienii și teologii foloseau cosmologia pentru a-și susține credințele i se părea lui Hoyle ridicol. „Catolicii și comuniștii folosesc dogma drept argument. Un argument e considerat «corect» de acești oameni dacă e întemeiat pe premise «corecte», nu dacă duce la rezultate în acord cu faptele. Iar dacă faptele contrazic dogma, cu atât mai rău pentru ele", scria Hoyle în 1956.

Dar, dincolo de opiniile papei sau de atitudinea Kremlinului, cum au privit cosmologii disputa dintre big bang și starea staționară? De-a lungul anilor '50, comunitatea științifică era divizată. În 1959, *Science News-Letters* a făcut un sondaj în rândul a 39 de astronomi. Rezultatele au arătat că 11 experți erau de partea modelului big bang, 8 de partea modelului stării staționare, iar restul de 14 erau nehotărâți sau credeau că ambele modele sunt greșite. Cele două modele erau candidați serioși pentru a reprezenta realitatea universului, dar nici unul nu obținuse sprijinul majorității savanților.

Motivul absenței consensului era că dovezile pro și contra celor două modele erau neconcludente și contradictorii. Astronomii făceau observații aflate la limita tehnologiei și înțelegerii lor, așa încât „faptele" deduse din aceste observații trebuiau privite cu maximă precauție. De pildă, fiecare măsurătoare a vitezei de recesiune a unei galaxii putea fi numită „fapt", dar era supusă criticilor din cauza lanțului întortocheat de raționamente și observații pe care se întemeia. Măsurarea

vitezei de recesiune se baza întâi de toate pe detectarea razelor palide ale luminii galactice şi pe ipotezele privind felul în care razele sunt sau nu afectate de străbaterea spaţiului intergalactic sau de atmosfera terestră. În al doilea rând, trebuiau măsurate lungimile de undă ale luminii şi trebuiau identificaţi atomii care emiseseră radiaţia. În al treilea rând, trebuia determinată deplasarea spectrală, iar apoi stabilită corespondenţa între această deplasare şi o viteză de recesiune prin efectul Doppler cosmologic. În fine, astronomii trebuiau să ia în calcul erorile inerente introduse de echipament şi de procesele folosite — telescopul, spectroscopul, placa fotografică şi chiar procesul de developare. Erau aici o mulţime de relaţii complexe, aşa încât astronomii trebuiau să aibă încredere absolută în fiecare pas. Măsurarea vitezelor de recesiune galactică se număra însă printre cele mai sigure fapte din cosmologie; raţionamentele implicate în alte aspecte ale domeniului erau încă mai întortocheate şi mai expuse criticilor.

În absenţa unor dovezi concludente pro sau contra big bang-ului ori stării staţionare, mulţi savanţi alegeau unul sau altul dintre modele bazându-se fie pe instinct, fie pe simpatia faţă de personalităţile care susţineau modelele rivale. Acest din urmă argument a fost fără îndoială hotărâtor pentru Dennis Sciama, cel care avea să devină unul din marii cosmologi ai secolului XX, figură tutelară pentru Stephen Hawking, Roger Penrose şi Martin Rees. Sciama fusese la rândul lui puternic legat de Hoyle, Gold şi Bondi despre care spunea că au avut o „influenţă copleşitoare asupra unui tânăr ca mine".

Sciama era de asemenea atras de diferite aspecte filozofice ale teoriei lor: „Teoria stării staţionare deschidea posibilitatea tulburătoare ca legile fizicii să determine într-adevăr conţinutul universului prin cerinţa ca toate trăsăturile universului să se autopropage. [...] Cerinţa autopropagării este deci un nou principiu puternic cu ajutorul căruia putem întrezări pentru prima oară posibilitatea de a răspunde la întrebarea de ce lucrurile sunt aşa cum sunt, fără a spune doar: e aşa, fiindcă aşa a fost."

Mai târziu va găsi un alt motiv de a prefera starea staţionară big bang-ului: „Este singurul model în cadrul căruia pare că viaţa va continua undeva [...] chiar dacă galaxia îmbătrâneşte sau moare, vor exista întoteauna galaxii noi, tinere în care viaţa să se poată dezvolta. Iar astfel torţa va fi purtată mereu înainte. Cred că ăsta a fost pentru mine lucrul cel mai important."

Motivele atât de subiective care l-au făcut pe Sciama să aleagă modelul stării staționare sunt simptomatice pentru incertitudinile și frământările cosmologiei. La începutul secolului XX, cosmologia era în deplin acord cu perspectiva adânc înrădăcinată asupra unui univers etern, neschimbător și static, dar măsurătorile și noile teorii din anii '20 au arătat că acest punct de vedere era total nemulțumitor. Din păcate, nici unul dintre cele două modelele nu era întru totul convingător. Teoria stării staționare era o versiune revizuită a imaginii inițiale, eterne și statice, asupra lumii, dar existau prea puține dovezi observaționale pentru a o sprijini sau submina. Cosmologia big bang era o perspectivă mai radicală, catastrofică, asupra universului, dar existau dovezi și pro și contra ei. Pe scurt, cosmologia se afla în impas. Sau, folosind un limbaj academic, cosmologia se afla în toiul unei *schimbări de paradigmă*.

Din perspectiva tradițională a istoriei științei, înțelegerea științifică evoluează treptat printr-o serie de schimbări minore, teoriile acceptate fiind îmbunătățite în cursul deceniilor, iar noile teorii apărând din cele vechi. Această știință se dezvolta printr-un fel de evoluție și selecție naturală darwinistă. Teoriile sufereau mutații, iar cea mai bine adaptată supraviețuia, în sensul că era îmbrățișată acea teorie care se potrivea cel mai bine cu observațiile.

Filozoful științei Thomas Kuhn a simțit însă că aceasta nu era decât o parte a scenariului. În 1962 el a scris *Structura revoluțiilor științifice**, în care prezenta progresul științific ca pe o „serie de interludii pașnice întrerupte de revoluții intelectuale violente". Aceste interludii pașnice erau perioadele în care teoriile evoluau treptat, după cum am arătat mai sus, dar din când în când era nevoie de o schimbare majoră a felului de a gândi, numită schimbare de paradigmă.

De pildă, astronomii au tot meșterit secole de-a rândul la paradigma modelului geocentric al universului, adăugând epicicluri și deferenți pentru a face ca modelul să fie într-un acord din ce în ce mai bun cu traiectoriile observate ale Soarelui, stelelor și planetelor. Treptat, au apărut o serie de dificultăți legate de predicția orbitelor planetare, dificultăți pe care majoritatea astronomilor le-au ignorat din pricina conservatorismului firesc și a respectului adânc înrădăcinat față de paradigma existentă. În cele din urmă, când dificultățile au sporit și

* Vezi ediția românească, Humanitas, 2008. (*N. t.*)

au atins un nivel intolerabil, rebeli de genul lui Copernic, Kepler şi Galilei au oferit o nouă paradigmă, heliocentrică. În câteva generaţii, întreaga comunitate astronomică a abandonat vechea paradigmă şi a adoptat-o pe cea nouă. Apoi a început o nouă epocă de stabilitate ştiinţifică, cu un program de cercetare nou, întemeiat pe baze noi şi pe noua paradigmă. Modelul geocentric nu a evoluat spre modelul heliocentric, ci a fost înlocuit de el.

Trecerea de la modelul „plăcintă cu stafide" la modelul atomic al lui Rutherford e alt exemplu de schimbare de paradigmă, la fel ca trecerea de la un univers umplut cu eter la unul în care nu există eter. În fiecare caz, trecerea de la o paradigmă la alta a putut avea loc doar când noua paradigmă era coaptă, iar vechea paradigmă complet discreditată. Viteza de tranziţie depinde de numeroşi factori, între care ponderea dovezilor în favoarea noii paradigme şi măsura în care vechea gardă se opune schimbării. Savanţii mai în vârstă, după ce au investit atât de mult timp şi efort în vechea paradigmă, sunt în general ultimii care acceptă schimbarea, în vreme ce tinerii savanţi au de regulă mai mult curaj şi sunt lipsiţi de prejudecăţi. Schimbarea de paradigmă poate fi deci încheiată doar atunci când vechea generaţie se retrage din viaţa ştiinţifică, iar tânăra generaţie capătă controlul asupra comunităţii ştiinţifice. Cum vechea paradigmă putea să fi dominat secole de-a rândul, o perioadă de tranziţie de câteva decenii e relativ scurtă.

Situaţia din cosmologie era oarecum neobişnuită, în sensul că vechea paradigmă a unui univers etern static fusese deja discreditată (fiindcă în mod evident galaxiile nu erau nemişcate) şi existau două noi paradigme în luptă pentru supremaţie, modelul stării staţionare şi modelul big bang. Cosmologii sperau ca această perioadă de incertitudini şi conflicte să ia sfârşit prin găsirea dovezilor irefutabile în favoarea unuia sau altuia dintre modele.

Pentru a afla dacă trăim după un big bang sau în mijlocul unei stări staţionare, astronomii trebuiau să se concentreze asupra unei serii de criterii-cheie de importanţă critică pentru cele două modele rivale. Ele sunt rezumate în tabelul 4, unde fiecare criteriu este evaluat pe scurt pentru a arăta care dintre modele se afla într-un acord mai bun cu datele disponibile în 1950.

Deşi tabelul nu include fiecare criteriu ce ar putea distinge între cele două modele, el le conţine pe cele principale, cum ar fi capacitatea de a explica abundenţele diferitelor elemente. Conform acestui criteriu

(al doilea din tabel), modelul big bang putea explica abundențele hidrogenului și heliului din univers, dar nu și abundențele atomilor mai grei. În dreptul modelului big bang e trecut un semn de întrebare din cauza succesului său parțial. Și modelul stării staționare e cotat cu un semn de întrebare, fiindcă nu era limpede cum se dezvolta materia creată în spațiul dintre galaxiile ce se îndepărtează pentru a se obține abundențele atomice observate.

Cele două modele nu trebuiau să explice doar formarea și abundențele diferiților atomi, ci trebuiau de asemenea să explice cum s-au unit acești atomi pentru a alcătui stelele și galaxiile (al treilea criteriu din tabel). Acest aspect, care nu a fost discutat în detaliu în capitolele anterioare, punea o problemă dificilă modelului big bang. Universul trebuie să se fi extins rapid după momentul creației, ceea ce ar fi dus la dezmembrarea oricăror galaxii-copii care ar fi încercat să se formeze. De asemenea, din moment ce universul big bang are doar o istorie finită, galaxiile ar fi avut la dispoziție numai aproximativ un miliard de ani pentru a evolua — un interval relativ scurt. Cu alte cuvinte, în cadrul modelului big bang, nimeni nu putea explica formarea galaxiilor. Teoria stării staționare rezolva mai bine această problemă, deoarece într-un univers etern galaxiile ar fi avut mai mult timp la dispoziție să se dezvolte.

Cele două coloane care reflectă succesele și eșecurile celor două modele rivale conțin un amestec de plusuri, minusuri și semne de întrebare, fără ca vreunul din ele să fie complet satisfăcător. Putem deci să ne imaginăm felul în care cosmologii s-au împărțit în tabere adverse, acceptând că modelul big bang era în stare să explice anumite trăsături ale universului, iar modelul stării staționare altele. Cosmologia însă nu e un sport în care modelele aflate în competiție își pot împărți gloria. La nivel fundamental, cele două modele se contraziceau și erau incompatibile. Unul pretindea că universul e etern, celălalt că universul a fost creat — și nu puteau fi ambele corecte. Presupunând că unul dintre ele era corect, victoria oricăruia dintre ele ar fi dus la distrugerea rivalului.

Tabelul 4

Acest tabel prezintă diferite criterii după care modelul big bang şi cel al stării staţionare puteau fi judecate. El arată situaţia celor două modele în raport cu datele disponibile în 1950. Plusurile şi minusurile indică grosso modo succesul

Criteriu	Modelul big bang	Succes
1. Deplasarea spre roşu şi expansiunea universului	De aşteptat într-un univers care a fost creat în stare densă, iar apoi se extinde.	+
2. Abundenţele atomilor	Gamow şi colaboratorii săi au demonstrat că modelul big bang prezice raportul observat între hidrogen şi heliu, dar nu reuşeşte să explice abundenţele celorlalţi atomi.	?
3. Formarea galaxiilor	Expansiunea big bang ar dezmembra probabil galaxiile-copii înainte ca ele să crească; şi totuşi galaxiile au evoluat, fără să se poată explica în ce fel.	–
4. Distribuţia galaxiilor	Galaxii tinere existau în universul timpuriu şi ar trebui deci să fie observabile doar la distanţe mari, distanţe la care putem privi spre universul timpuriu.	?
5. Radiaţia cosmică de fond de microunde	Ecoul big bang-ului ar trebui să poată fi încă detectat cu un echipament suficient de sensibil.	?
6. Vârsta universului	Universul pare mai tânăr decât stelele pe care le conţine.	–
7. Creaţie	Ce anume a provocat crearea universului rămâne fără explicaţie.	?

sau insuccesul modelelor în raport cu fiecare criteriu, iar semnele de întrebare indică absența datelor sau un amestec de acord și dezacord. Criteriile 4 și 5 primesc semne de întrebare din cauza absenței observațiilor.

Criteriu	Modelul stării staționare	Succes
1. Deplasarea spre roșu și expansiunea universului	De așteptat într-un univers etern care se extinde, materie nouă fiind creată în spațiul gol.	+
2. Abundențele atomilor	Materia e creată între galaxiile ce se îndepărtează, deci această materie trebuie cumva transformată în abundențele atomice pe care le observăm.	?
3. Formarea galaxiilor	Există mai mult timp și nu există nici o expansiune inițială violentă; aceasta permite galaxiilor să se dezvolte și să moară, să fie înlocuite de noi galaxii alcătuite din materia creată.	–
4. Distribuția galaxiilor	Galaxiile tinere ar trebui să fie distribuite în mod uniform, fiindcă ele se pot naște oriunde și oricând din materia creată între vechile galaxii.	?
5. Radiația cosmică de fond de microunde	N-a existat big bang, deci nu există nici un ecou, așa încât nu avem ce detecta.	?
6. Vârsta universului	Universul e etern, așa încât vârsta stelelor nu e o problemă.	–
7. Creație	Nu există nici o explicație pentru creația continuă de materie în univers.	?

Problema scării temporale

Cea mai urgentă problemă de rezolvat pentru partizanii big bang-ului era ridicată de criteriul al şaselea din tabelul 4 — vârsta universului. Semnul minus subliniază o absurditate în modelul big bang: conform lui, universul e mai tânăr decât stelele din el. E la fel de ridicol ca şi cum o mamă ar fi mai tânără decât fiica ei — evident stelele nu puteau fi mai bătrâne ca universul însuşi! În capitolul 3 am văzut că Hubble măsurase distanţele până la galaxii şi vitezele lor aparente; cosmologii big bang-ului împărţiseră atunci distanţa la viteză pentru a deduce că în urmă cu aproximativ 1,8 miliarde de ani întreaga masă a universului fusese concentrată într-un unic punct al creaţiei. Măsurătorile făcute asupra rocilor radioactive demonstraseră însă că Pământul avea o vârstă de cel puţin 3 miliarde de ani şi era de presupus că stelele sunt încă şi mai bătrâne.

Chiar şi Einstein, care susţinea big bang-ul, a recunoscut că această problemă ar distruge modelul, dacă nu s-ar găsi vreo soluţie radicală: „Vârsta universului [...] trebuie fără îndoială s-o depăşească pe cea a crustei terestre, calculată cu ajutorul minereurilor radioactive. Din moment ce determinarea vârstei acestor minereuri e în toate privinţele demnă de încredere, [modelul big bang] trebuie respins dacă se dovedeşte că intră în contradicţie cu asemenea rezultate. În acest caz, nu văd vreo soluţie rezonabilă."

Discrepanţa de vârstă a devenit cunoscută sub numele de *problema scării temporale*, o formulare care nu reflectă cu adevărat uriaşul neajuns pe care îl provoca modelului big bang. Singura speranţă reală de a rezolva paradoxul vârstei era detectarea unei erori în măsurarea distanţelor până la galaxii sau în măsurarea vitezelor. De pildă, dacă distanţele până la galaxii ar fi fost mai mari decât estimase Hubble, atunci le-a luat mai mult timp galaxiilor să ajungă la distanţele actuale, ceea ce ar fi condus către ideea unui univers mai bătrân. Pe de altă parte, dacă vitezele de recesiune ale galaxiilor ar fi fost mai mici decât estimase Hubble, atunci galaxiilor le-ar fi luat iarăşi mai mult timp pentru a ajunge la distanţele actuale, ceea ce ar fi însemnat din nou un univers mai bătrân. Hubble era însă cel mai respectat astronom observaţional din lume, celebru pentru precizie şi atenţie, aşa încât nimeni nu se îndoia cu adevărat în privinţa acurateţei observaţiilor sale. Mai mult, măsurătorile lui fuseseră verificate independent de alţii.

Când America a intrat în al Doilea Război Mondial, astronomia observațională și activitatea principalelor observatoare au cunoscut o stagnare. Orice planuri în vederea tranșării unei dispute cosmologice au fost amânate, iar astronomii s-au dedicat slujirii țării. Până și Hubble, care trecuse de cincizeci de ani, a părăsit Mount Wilson pentru a deveni șeful departamentului de balistică de la Poligonul Aberdeen, în Maryland, cel mai înalt rang civil din afara Washingtonului.

Singura figură importantă care a rămas la Mount Wilson a fost Walter Baade, un emigrant german care se alăturase echipei observatorului din 1931. Deși trăia și muncea în America de un deceniu, autoritățile nu aveau încă încredere în el și nu i s-a permis să se alăture unui grup de cercetare militară. Baade era foarte mulțumit de această situație, fiindcă devenise singur stăpân pe faimosul telescop Kooker de 100 de țoli. Mai mult, camuflajul din vremea războiului a făcut să dispară acea atât de stâjenitoare poluare luminoasă nocturnă provenind din suburbiile Los Angesului, îmbunătățind condițiile de vizibilitate până la un nivel necunoscut de la construcția telescopului, din 1917. Singura problemă era că statutul lui Baade de străin provenind dintr-o țară inamică îl obliga să rămână acasă de la apusul soarelui până la răsărit, situație neplăcută pentru un astronom. Baade s-a adresat autorităților arătând că ceruse deja cetățenia americană, iar în cele din urmă a reușit să le convingă că nu prezenta nici un pericol. În continuare, nu avea dreptul să efectueze cercetări militare, dar în câteva luni interdicțiile asupra lui au încetat și Baade avea control deplin asupra celui mai bun telescop în condiții ideale de vizibilitate. A folosit de asemenea la maximum noile plăci fotografice cu sensibilitate superioară, obținând imagini de o claritate neatinsă până atunci.

Baade a petrecut anii războiului studiind un anume tip de stea variabilă, cunoscut sub numele de *RR Lyrae*, înrudit cu cefeidele. Williamina Fleming, care a lucrat alături de Henrietta Leavitt la Observatorul Harvard, demonstrase că variabilitatea stelelor RR Lyrae putea fi folosită, la fel ca aceea a cefeidelor, pentru a măsura distanțele. Până atunci, tehnica pusă la punct de ea fusese aplicată doar în interiorul Căii Lactee, fiindcă stelele RR Lyrae sunt mai puțin luminoase decât cefeidele. Ambiția lui Baade însă era de a folosi condițiile ideale de vizibilitate pentru a găsit stele RR Lyrae în Galaxia Andromeda, galaxia cea mai apropiată de noi. În felul acesta, putea folosit variabilitatea stelelor RR Lyrae pentru a măsura distanța până la Andromeda

şi a verifica pe altă cale măsurătorile precedente ale distanţelor bazate pe variabilele cefeide.

Baade şi-a dat seama curând că stelele RR Lyrae din Andromeda se află în afara posibilităţilor de observare ale telescopului Hooker de 100 de ţoli, aşa că a trebuit să se mulţumească să utilizeze telescopul pentru a studia aceste stele din Calea Lactee, aşteptând să poată face observaţii cu telescopul de 200 de ţoli care urma să fie gata după încheierea războiului. Era încredinţat că noul telescop gigant va aduce în câmpul lui vizual stelele RR Lyrae din Andromeda.

Telescopul de 200 de ţoli, cel mai mare proiect astronomic al lui George Hale, se afla în construcţie la Mount Palomar, la 200 de kilometri sud-est de Mount Wilson. Hale a murit în 1938, la doi ani după începerea lucrărilor, şi n-a ajuns să vadă cea mai spectaculoasă privelişte a universului obţinută vreodată. Când telescopul a fost în fine gata, el a primit numele Hale, în cinstea celui care îl proiectase.

Pe 3 iunie 1948, notabilităţile din Los Angeles au asistat la inaugurarea telescopului. Ele s-au minunat în faţa cupolei mobile de 1 000 de tone care adăpostea uriaşul instrument, cu oglinda lui concavă lustruită cu o precizie de 50 de milionimi de milimetru. Când actorul Charles Laughton, protagonistul filmului *Revolta de pe Bounty*, a fost întrebat dacă Telescopul Hale e impresionant, a răspuns: „Impresionant, pe cinstea mea! E al naibii de înfricoşător. Ce-aveţi de gând să faceţi cu el? Să începeţi un război cu planeta Marte?"

Când telescopul Hale a devenit deplin operaţional, atât la Mount Wilson, cât şi la Mount Palomar echipele de cercetare aveau efectivele complete. Însă, graţie muncii din timpul războiului cu telescopul de 100 de ţoli, Baade avea din start un avans în căutarea stelelor RR Lyrae din Galaxia Andromeda. El a îndreptat imediat telescopul de 200 de ţoli spre Galaxia Andromeda căutând stele slabe cu o variaţie rapidă a strălucirii, candidaţi plauzibili pentru stelele RR Lyrae.

După o lună de cercetare atentă, Baade n-a găsit absolut nici o urmă de stele RR Lyrae. A perseverat, fără a găsi însă ceea ce ar fi trebuit să fie detectabil cu puternicul telescop Hale. Era deconcertat. Ştia că posibilitatea de a vedea stele RR Lyrae în Galaxia Andromeda depindea de trei lucruri — strălucirea stelelor, puterea telescopului de 200 de ţoli şi distanţa până la galaxie —, iar calculele lui arătau că stelele trebuiau neapărat să fie vizibile. Fără să-şi dea seama ce anume se afla în spatele eşecului său de a detecta vreo stea RR Lyrae,

a luat din nou în considerare cei trei factori care determinau capacitatea sa de a vedea: era sigur în privința strălucirii stelelor RR Lyrae datorită cercetărilor sale din timpul războiului, era sigur și de puterea telescopului... atunci era oare cu putință ca distanța până la Andromeda să fie mai mare decât presupunea toată lumea?

Baade s-a convins că o eroare în distanța unanim acceptată până la Galaxia Andromeda era singura explicație logică și posibilă. Colegii lui s-au arătat la început sceptici, dar au fost nevoiți să-i dea dreptate când Baade le-a indicat cu precizie cum și de ce Galaxia Andromeda fusese greșit măsurată în trecut.

După cum am explicat în capitolul 3, măsurătorile inițiale asupra Galaxiei Andromeda au fost efectuate folosind stelele variabile cefeide, care deveniseră etaloane pentru determinarea distanțelor intergalactice. Henrietta Leavitt demonstrase că cefeidele au proprietatea utilă că perioada de timp între două valori maxime ale strălucirii dă o indicație asupra luminozității lor intrinseci care, comparată cu cea aparentă, conduce la aflarea distanței de la Pământ la ele. Hubble fusese primul care găsise cefeide în afara Căii Lactee și măsurase astfel distanța până la o altă galaxie, Galaxia Andromeda.

În anii '40, devenise limpede că majoritatea stelelor pot fi grupate în două categorii mari, numite *populații*. Stelele mai bătrâne aparțineau Populației II, iar după ce ele își încheiau ciclul de viață rămășițele lor deveneau ingrediente pentru stele noi, tinere, din Populația I, care în general sunt mai fierbinți, mai strălucitoare și mai albastre decât cele din Populația II. Baade a presupus că și cefeidele puteau fi împărțite în aceste două categorii și a sugerat că astfel se explicau contradicțiile în privința distanței până la Galaxia Andromeda.

Raționamentul lui Baade conform căruia Andromeda se afla mai departe se întemeia pe doi pași simpli. În primul rând, cefeidele din Populația I sunt intrinsec mai strălucitoare decât cele din Populația II care au aceeași perioadă de variație. În al doilea rând, astronomii vedeau numai cefeidele mai strălucitoare ale Populației I din Galaxia Andromeda, dar își construiseră scala distanțelor folosind cefeidele mai palide ale Populației II din Calea Lactee.

Fără să știe că există două tipuri de cefeide, Hubble făcuse greșeala să compare cefeide locale, palide, ale Populației II cu cefeide ale Populației I din Andromeda, mai strălucitoare. Consecința era că subestimase distanța până la Galaxia Andromeda.

Pentru a pune lucrurile la punct, Baade a început să recalibreze etalonul cefeidelor ținând cont de existența celor două tipuri. Astfel, putea estima corect distanța până la cefeidele din Galaxia Andromeda, deci și distanța până la Andromeda însăși. El a descoperit că cefeidele din Populația I sunt în medie de patru ori mai luminoase decât cele din Populația II care au aceeași perioadă de variație. Dacă o stea se află de două ori mai departe de un observator, ea apare de patru ori mai palidă. Prin urmare, distanța până la Galaxia Andromeda se dubla — devenind aproximativ 2 milioane de ani-lumină — pentru a compensa faptul că cefeidele vizibile ale Populației I din Andromeda erau, în medie, de patru ori mai strălucitoare decât cele ale Populației II, folosite în mod tradițional la măsurarea distanței. Distanța până la Andromeda fusese acum corectată. La o distanță de 2 milioane de ani-lumină, nu mai era de mirare că stelele RR Lyrae erau prea palide pentru a fi văzute.

Dacă ajustarea distanței până la Galaxia Andromeda ar fi fost singura consecință a cercetărilor lui Baade, n-ar fi meritat să fie menționată în această carte. Distanța până la Andromeda fusese însă folosită pentru a estima distanțele până la alte galaxii, utilizând o metodă care va fi prezentată pe scurt ceva mai jos. Prin urmare, dublarea distanței până la Andromeda însemna de asemenea dublarea distanțelor până la toate celelalte galaxii.

Vitezele de recesiune ale galaxiilor rămâneau însă aceleași, din moment ce ele erau deduse din deplasări spre roșu ale spectrelor, iar acestea nu erau afectate de corecțiile introduse de Baade. Faptul avea un puternic impact pozitiv asupra modelului big bang. Dacă distanțele se dublau iar vitezele rămâneau aceleași, atunci timpul scurs de la un moment al creației până la cel în care galaxiile au ajuns la distanțele actuale se dubla la rândul lui. Cu alte cuvinte, vârsta universului în modelul big bang putea fi corectată, ea fiind acum de 3,6 miliarde de ani, o cifră care nu mai era incompatibilă cu vârsta Pământului.

Criticii modelului big bang au făcut observația că stele și galaxiile erau mai bătrâne decât Pământul și prin urmare probabil mai vechi de 3,6 miliarde de ani, ceea ce însemna că universul părea în continuare să conțină corpuri mai bătrâne decât el însuși. Acești critici susțineau deci că așa-numita problemă a scării temporale continua să reprezinte o dificultate. Dar partizanii big bang-ului nu erau impresionați de acest argument perfect valabil, fiindcă cercetările lui Baade demonstraseră că mai erau multe de învățat despre măsurarea distanțelor

galactice şi vârsta universului. El găsise o eroare şi dublase vârsta universului, aşa încât era posibil să fie găsită altă eroare şi vârsta universului va fi din nou dublată.

Descoperirea lui Baade reprezentase un progres însemnat pe calea rezolvării unei probleme grave a modelului big bang, dar şi mai important era faptul că pusese în evidenţă o slăbiciune a astronomiei în genere — obiceiul de a te supune orbeşte. Reputaţia lui Hubble făcuse ca astronomii să accepte fără ezitare rezultatele sale privind distanţele până la Andromeda şi la alte galaxii. Eroarea de a nu pune în discuţie asemenea afirmaţii fundamentale este una din trăsăturile unei ştiinţe precare.

Pornind de la greşeala grosolană în evaluarea distanţei până la Andromeda, mulţi ani mai târziu, astronomul canadian Donald Fernie avea să judece aspru obedienţa în ştiinţă: „Un studiu definitiv asupra comportamentului de turmă la astronomi nu a fost încă scris, dar există momente când semănăm pur şi simplu cu o turmă de antilope, cu capetele plecate şi în formaţie strânsă, gonind plini de hotărâre pe câmpie într-o direcţie anume. Când conducătorul dă un semnal, ne răsucim şi, cu aceeaşi hotărâre fermă, o luăm la goană în cu totul altă direcţie, în formaţie la fel de strânsă."

La conferinţa Uniunii Astronomice Internaţionale ţinută la Roma în 1952, Baade a anunţat oficial că universul e de două ori mai bătrân decât se crezuse până atunci. Partizanii modelului big bang aflaţi în sală au văzut imediat în această nouă măsurătoare un sprijin în favoarea momentului creaţiei — sau cel puţin înlăturarea unui obstacol din calea lui. Întâmplarea a făcut ca procesul-verbal al acelei sesiuni să fie întocmit chiar de Fred Hoyle, cel mai aprig critic al big bang-ului. El a notat conştiincios rezultatul, dar credinţa lui adânc înrădăcinată într-un univers etern l-a făcut să-şi aleagă cuvintele cu grijă, aşa încât să evite orice trimitere la big bang sau creaţie. El a scris: „Scara de timp caracteristică a lui Hubble pentru univers trebuie acum modificată de la aproximativ 1,8 miliarde de ani la aproximativ 3,6 miliarde de ani."

Singurul om mai dezamăgit de rezultat decât Hoyle a fost Edwin Hubble. Supărarea lui n-avea nici o legătură cu valabilitatea sau nevalabilitatea modelului big bang, fiindcă pe el nu-l preocupaseră niciodată asemenea probleme cosmologice. Pe Hubble îl interesa doar precizia măsurătorilor sale, nu şi interpretările teoriilor care se bazau

pe ele. A fost prin urmare bulversat de vestea că Baade găsise o eroare gravă în măsurătorile sale.

Când Hubble a înțeles semnificația noilor măsurători efectuate de Baade, a simțit o durere adâncă. În ciuda numeroaselor premii și distincții naționale și internaționale, suferise mereu că nu primise premiul Nobel, ținta sa supremă dintotdeauna. Acum că Baade descoperise o eroare în munca sa, premiul Nobel părea să se fi îndepărtat definitiv.

În realitate însă, comitetul Nobel pentru fizică nu se îndoise nici o clipă că Hubble era cel mai mare astronom al generației sale, iar cercetările lui Baade nu puteau păta reputația unui asemenea mare om. La urma urmei, Hubble tranșase Marea Dispută din 1923 dovedind existența galaxiilor în afara Căii Lactee și tot el fusese cel care, în 1929, descoperind deplasările galactice spre roșu, pusese bazele disputei între big bang și starea staționară. Singurul motiv pentru care Fundația Nobel îl ignorase era faptul că astronomia nu era considerată ca făcând parte din fizică. Hubble ratase premiul din cauza unui detaliu tehnic.

Hubble trebuia să se mulțumească cu aplauzele presei și ale publicului, care își adora eroul cosmic și prețuia pe drept cuvânt realizările lui. După cum spunea un ziarist: „În vreme ce Columb a navigat trei mii de mile pentru a descoperi un continent și câteva insule, Hubble a străbătut spațiul infinit și a descoperit sute de noi lumi vaste, insule, subcontinente și constelații, nu doar la trei mii de mile depărtare, ci la bilioane de mile."

Hubble a murit de tromboză cerebrală pe 28 septembrie 1953. Nu știa că, în fine, comitetul Nobel hotărâse în secret să schimbe regulile și să-i răsplătească meritele cu un premiu Nobel. De fapt, comitetul se pregătea să anunțe public nominalizarea chiar atunci când Hubble a murit.

Premiul nu putea fi acordat postum, iar protocolul cerea ca discuțiile din sânul comitetului să rămână confidențiale. Nominalizarea lui Hubble ar fi rămas pe veci un secret dacă doi dintre membrii comitetului, Enrico Fermi și Subrahmanyan Chandrasekhar, nu s-ar fi hotărât să ia legătura cu Grace Hubble. Ei erau nerăbdători s-o înștiințeze pe Grace că imensele contribuții ale soțului ei la înțelegerea universului nu fuseseră trecute cu vederea.

Mai palid, mai îndepărtat, mai vechi

Punând sub semnul întrebării, iar apoi corectând distanța până la Galaxia Andromeda, Walter Baade le-a amintit colegilor săi că măsurătorile din trecut trebuiau revizuite și, dacă era cazul, respinse. Era un element esențial pentru sănătatea climatului științific. Abia după ce o măsurătoare era verificată o dată, de două ori, de trei ori, apoi verificată din nou pe altă cale, ea putea obține titlul de „fapt"; ba chiar și atunci noi măsurători erau binevenite.

Această tendință spre scepticism și critică nu a lăsat neatinse nici măsurătorile lui Baade. Chiar Allan Sandage, studentul lui Baade, a fost cel care a revizuit măsurătorile maestrului, făcând astfel să crească din nou vârsta universului.

La fel ca mulți dintre colegii săi, Sandage s-a pasionat de astronomie din clipa în care a privit pentru prima dată printr-un telescop. N-a uitat niciodată acel moment din copilărie când „mintea mea a luat foc". S-a dus să-și facă doctoratul la Observatorul Mount Wilson, lucrând alături de Baade, care i-a cerut să obțină noi imagini ale celor mai îndepărtate galaxii ce fuseseră observate. Baade voia pur și simplu ca Sandage să verifice că estimase corect distanțele.

Astronomii nu puteau folosi etalonul cefidelor pentru a măsura distanțele până la galaxiile cele mai îndepărate fiindcă fusese imposibil de detectat la distanță atât de mare vreo stea variabilă cefeidă. Au fost în schimb obligați să adopte o tehnică de măsurare complet diferită, bazată pe presupunerea rezonabilă că cea mai strălucitoare stea din Galaxia Andromeda avea o luminozitate intrinsecă la fel de mare ca steaua cea mai strălucitoare din orice altă galaxie. Prin urmare, dacă steaua cea mai strălucitoare dintr-o galaxie îndepărată avea o strălucire aparentă de 100 (10^2) de ori mai mică decât cea mai strălucitoare stea din Andromeda, atunci acea galaxie se afla la o distanță de 10 ori mai mare, fiindcă strălucirea scade odată cu pătratul distanței.

Deși strălucirea stelelor variază enorm, această abordare a măsurării distanței nu era lipsită de sens. Înălțimea oamenilor, de pildă, variază și ea foarte mult. Totuși, dintr-un grup de 50 de adulți aleși la întâmplare, ar fi rezonabil să presupunem că cel mai înalt are aproximativ 190 de centimetri. Deci, dacă două grupuri numeroase de oameni se află la distanță, iar cea mai înaltă persoană dintr-un grup are aparent o treime din înălțimea celei mai înalte persoane din celălalt grup, e

rezonabil să presupunem că primul grup se află la o distanță de trei ori mai mare decât al doilea — fiindcă cei mai înalți din ambele grupuri trebuie să aibă aproximativ aceeași înălțime, iar înălțimea aparentă scade direct proporțional cu distanța. Metoda nu e infailibilă: un grup ar putea fi alcătuit dintr-o echipă de baschet aflată în turneu, iar celălalt din jochei care participă la o demonstrație de protest. În cele mai multe cazuri însă, estimarea distanței ar trebui să fie corectă, cu o marjă de eroare de câteva procente.

Tehnica ar fi și mai precisă dacă am evalua înălțimea medie a oamenilor sau strălucirea medie a stelelor, dar astronomii studiau corpuri atât de îndepărtate încât erau obligați să aplice tehnica celei mai strălucitoare stele din galaxie, care era mult mai probabil să poată fi văzută. Astronomii folosiseră această tehnică din anii '40 și aveau încredere în principiul ei, deși erau gata să accepte că distanțele ar putea fi uneori rectificate, motiv pentru care Baade i-a cerut lui Sandage să-i verifice estimările. De fapt, Sandage avea să arate că această metodă a celei mai strălucitoare stele era viciată de o eroare fundamentală.

Grație unor tehnici fotografice superioare, Sandage a putut vedea că ceea ce în mod repetat fusese perceput ca steaua cea mai strălucitoare dintr-o galaxie îndepărtată era în realitate cu totul altceva. O mare parte a hidrogenului din univers s-a agregat pentru a forma cunoscutele stele compacte, dar există de asemenea cantități importante de hidrogen sub forma unor imenși nori care poartă numele de regiuni H II. O regiune H II absoarbe lumina de la stelele din jur, ceea ce face ca temperatura ei să ajungă la peste 10 000°C. Datorită temperaturii și dimensiunii ei, o regiune H II poate eclipsa aproape orice stea.

Înaintea lui Sandage, astronomii comparaseră din întâmplare și în mod eronat cele mai strălucitoare stele vizibile din Galaxia Andromeda cu cele mai strălucitoare regiuni H II din galaxii îndepărate, recent descoperite. Crezând că regiunile H II erau stele, astronomii presupuseseră că aceste noi galaxii erau relativ apropiate, din moment ce „stelele" lor cele mai strălucitoare păreau destul de luminoase. Când Sandage a obținut imagini suficient de clare pentru a deosebi aceste regiuni H II de stelele veritabile, el a tras concluzia că cele mai strălucitoare stele veritabile din galaxiile îndepărtate erau în realitate mult mai palide decât regiunile H II greșit identificate până atunci,

aşa încât galaxiile trebuiau să se afle la distanţă mai mare decât se estimase.

Distanţele până la aceste galaxii îndepărtate erau esenţiale pentru determinarea vârstei universului conform modelului big bang. În 1952 Baade dublase distanţele galactice, dublând astfel vârsta universului, care ajunsese la 3,6 miliarde de ani. Apoi, doi ani mai târziu, Sandage a împins galaxiile şi mai departe, crescând vârsta universului până la 5,5 miliarde de ani.

În ciuda acestor creşteri, rezultatele rămâneau subestimate. Sandage a continuat să-şi perfecţioneze măsurătorile în cursul anilor '50, iar distanţele şi vârsta au continuat să crească. Sandage avea să devină cel mai mare specialist în măsurarea distanţelor şi vârstei universului, iar în mare parte graţie observaţiilor sale a devenit în cele din urmă limpede că universul are o vârstă cuprinsă între 10 şi 20 de miliarde de ani. Acest interval larg era fără îndoială compatibil cu alte corpuri din univers. Acum, partizanii stării staţionare nu-şi mai puteau bate joc de adepţii big bang-ului pe motiv că propun un univers mai tânăr decât stelele din el.

Alchimia cosmică

Deşi dificultatea legată de scara temporală fusese înlăturată, modelul big bang era în continuare confruntat cu alte probleme. Cea mai gravă dintre ele se lega de nucleosinteză, şi anume de producerea elementelor grele. Gamow se lăudase odinioară: „Elementele au fost gătite într-un timp mai scurt decât îţi ia să găteşti o raţă cu cartofi prăjiţi." Pe scurt, el credea că diferitele nuclee atomice au fost create în ora imediat următoare big bang-ului. Dar, în ciuda eforturilor lui Gamow, Alpher şi Herman, nu fusese găsit un mecanism care să producă altceva decât cei mai uşori atomi, hidrogenul şi heliul, chiar dacă în perioada de după big bang temperatura a fost foarte ridicată. Dacă elementele mai grele nu au fost create în momentele imediat următoare big bang-ului, atunci se punea întrebarea unde şi când au fost ele create.

Arthur Eddington lansase deja o posibilă teorie a nucleosintezei: „Cred că stelele sunt creuzetul în care atomii uşori se unesc pentru a forma elemente mai complexe." Temperatura stelelor era însă

F. Hoyle H.C. van de Hulst A.R. Sandage J.A. Wheeler H. Zanstra L. Ledoux
O.S. Klein W.W. Morgan B.V. Kukarkin M. Fierz W. Baade H. Bondi T. Gold / L. Rosenfeld A.C.B. Lovell J. Gehéniau
V.A. Ambarțumian / E. Schatzman
W.H. McCrea J.H. Ort G. Lemaître C.J. Gorter W. Pauli W.L. Bragg J.R. Oppenheimer C. Møller H. Shapley O. Heckman

Figura 88 În această fotografie de grup de la Conferința Solvay din 1958 se află și Allan Sandage și Walter Baade, care au refăcut măsurătorile asupra distanțelor până la galaxii și au găsit o vârstă mai mare pentru univers, în contextul modelului big bang. Multe dintre figurile centrale ale disputei dintre cele două modele cosmologice se află în fotografie: Hoyle, Gold, Bondi, Lemaître.

În ciuda marii rivalități academice, existau și legături personale de prietenie între cele două tabere. De exemplu, Hoyle ținea foarte mult la Lemaître, despre care spunea că era „un bărbat rotofei, solid, plin de umor". Hoyle își amintea cu nostalgie drumul făcut împreună cu mașina după o conferință ce avusese loc la Roma: „Într-o singură împrejurare prezența lui Georges mi-a creat dificultăți, și anume la masa de prânz. Eu voiam să mănânc ceva ușor ca să pot conduce după-amiaza, în timp ce Georges își dorea o masă copioasă și o sticlă de vin ca să poată dormi după-amiaza. Am ajuns la un compromis: l-am lăsat pe Georges să doarmă pe bancheta din spate, iar în felul ăsta se trezea mereu cu dureri de cap."

estimată la doar câteva mii de grade la suprafață și câteva milioane de grade în centru. Această temperatură era suficientă pentru a transforma lent hidrogenul în heliu, dar pentru a face să fuzioneze aceste nuclee de heliu și a obține nuclee grele era nevoie de câteva miliarde de grade.

De pildă, producerea atomilor de neon necesită o temperatură de 3 miliarde de grade, iar producerea atomilor mai grei de siliciu necesită o temperatură de 13 miliarde de grade. Aceasta conducea la o nouă problemă. Dacă exista un mediu capabil să producă neon, el nu era suficient de fierbinte pentru a produce siliciu. Invers, dacă era suficient de fierbinte pentru a produce siliciu, atunci tot neonul s-ar fi convertit într-un element mai greu. Părea că, pentru a fi creat, fiecare tip de atom avea nevoie de propriul său creuzet făcut la comandă și că universul trebuia să adăpostească o gamă largă de medii cu temperaturi extreme. Din păcate, nimeni n-avea vreo idee unde sau dacă aceste creuzete există.

Fred Hoyle a fost acela care a contribuit în mare măsură la dezlegarea misterului. El nu privea problema nucleosintezei ca pe o temă a disputei dintre big bang și starea staționară, ci ca pe un subiect care implica ambele teorii. Modelul big bang trebuia cumva să explice în ce fel particulele fundamentale de la începutul universului se transformaseră în atomi mai grei având diverse abundențe. La rândul lui, modelul stării staționare trebuia să explice cum sunt convertite în nuclee mai grele particulele continuu create în spațiile dintre galaxiile ce se îndepărtează. Hoyle se gândise la problema nucleosintezei încă de la începuturile carierei sale de cercetător, dar nu a căutat să-i găsească o rezolvare decât pe la sfârșitul anilor '40. Primele succese le-a obținut când a încercat să-și închipuie ce se întâmplă cu o stea pe măsură ce parcurge diferitele etape din viața ei.

O stea de vârstă medie e în general stabilă, generând căldură prin fuziunea hidrogenului în urma căreia se produce heliu și pierzând căldură prin radiație luminoasă. În același timp, întreaga masă a stelei e atrasă spre interior de propria ei forță gravitațională, dar efectul e contracarat de uriașa presiune întreptată spre exterior, provocată de temperaturile înalte din miezul stelei. Așa cum am văzut în capitolul 3, echilibrul stelar e asemănător aceluia al forțelor care acționează asupra unui balon: cauciucul întins atrage balonul spre interior, iar

aerul dinăuntru exercită o presiune spre exterior. Această analogie a fost folosită pentru a explica de ce stelele cefeide sunt variabile.

Hoyle cunoştea foarte bine cercetările teoretice privind echilibrul dintre ameninţarea colapsului gravitaţional şi rezistenţa presiunii orientate spre exterior, dar el voia să vadă ce s-ar întâmpla dacă echilibrul ar fi rupt. În particular, Hoyle încerca să înţeleagă ce s-ar întâmpla spre sfârşitul vieţii unei stele, când hidrogenul combustibil ar începe să fie pe sfârşite. Evident, criza de hidrogen ar duce la răcirea stelei. Scăderea temperaturii ar face ca şi presiunea spre exterior să scadă, iar forţa gravitaţională ar deveni predominantă şi ar declanşa contracţia stelară. Hoyle a înţeles însă că această contracţie nu era ultimul episod din viaţa stelei.

Pe măsură ce întreaga stea se prăbuşeşte spre interior, comprimarea ar duce la încălzirea miezului stelar şi ar provoca creşterea presiunii spre exterior, ceea ce ar opri colapsul. Creşterea temperaturii asociată cu comprimarea are mai multe cauze, una dintre ele fiind faptul că prin comprimare sunt încurajate mai multe reacţii nucleare, de aici rezultând generarea unei călduri suplimentare.

Deşi această căldură suplimentară dă stelei o oarecare stabilitate, moartea stelei e doar amânată. Ea continuă să consume şi mai mult combustibil, iar în cele din urmă rezerva de combustibil scade sub nivelul critic. Lipsa combustibilului înseamnă încetarea producerii de energie, aşa încât miezul stelei începe din nou să se răcească, ceea ce conduce la o altă fază de colapsare. Miezul e din nou încălzit, iar astfel colapsarea e din nou oprită până la următoarea criză de combustibil. Această prăbuşire în trepte face ca multe stele să îndure o moarte lentă, chinuitoare.

Hoyle s-a apucat să analizeze diferite tipuri de stele (mici, medii, mari, din Populaţia I sau din Populaţia II), iar după câţiva ani de cercetări a izbutit să-şi ducă la capăt calculele privind toate schimbările de presiune şi temperatură care au loc în diferite stele aflate la sfârşitul vieţii. Cel mai important lucru însă e că a determinat reacţiile nucleare din fiecare etapă de convulsie şi a arătat că anumite combinaţii de temperaturi şi presiuni extreme pot produce întregul spectru al nucleelor medii şi grele, după cum se vede în tabelul 5.

A devenit limpede că fiecare tip de stea ar putea acţiona ca un creuzet pentru producerea diverselor elemente datorită faptului că interiorul stelelor se modifică spectaculos în cursul vieţii şi morţii lor.

Etapă	Temp (°C)	Densitate (g/cm^3)	Durata etapei
Hidrogen → heliu	4×10^7	5	10^7 ani
Heliu → carbon	2×10^8	7×10^2	10^6 ani
Carbon → neon + magneziu	6×10^8	2×10^5	600 ani
Neon→ oxigen + magneziu	$1{,}2 \times 10^9$	5×10^5	un an
Oxigen → sulf + siliciu	$1{,}5 \times 10^9$	1×10^7	6 luni
Siliciu → fier	$2{,}7 \times 10^9$	3×10^7	o zi
Colapsul miezului	$5{,}4 \times 10^9$	3×10^{1}	0,25 secunde
Expansiunea miezului	23×10^9	4×10^{14}	0,001 secunde
Explozie	aprox. 10^9	variază	10 secunde

Tabelul 5 Fred Hoyle a calculat condițiile din diferite stele la diferite etape din viața lor pentru a vedea cum ar putea avea loc nucleosinteza. Acest tabel prezintă reacțiile de nucleosinteză care au loc într-o stea având masa de aproxmativ 25 de ori mai mare decât Soarele. O asemenea stea masivă are un timp de viață scurt în comparație cu cel al stelelor tipice. La început, vreme de câteva milioane de ani, hidrogenul fuzionează transformându-se în heliu. Temperatura și presiunea cresc în cursul ultimelor etape din viața stelei, ceea ce face cu putință nucleosinteza oxigenului, magneziului, siliciului, fierului și a altor elemente. Atomi ai elementelor mai grele sunt produși în cursul etapelor finale, mai intense.

Calculele lui Hoyle puteau chiar oferi valorile exacte ale abundențelor majorității elementelor pe care le vedem în ziua de azi, explicând de ce oxigenul și fierul sunt răspândite, în timp ce aurul și platina sunt rare.

În cazuri excepționale, faza timpurie de colapsare a unei stele foarte masive devine de neoprit, iar steaua moare repede. Aceasta e o supernovă, cel mai violent exemplu de moarte stelară, care provoacă o implozie de intensitate fără egal. În stadiul de supernovă, o singură stea poate elibera suficientă energie pentru a eclipsa mai bine de zece miliarde de stele obișnuite (motiv pentru care o supernovă îi derutase pe astronomii implicați în Marea Dispută, după cum am văzut în capitolul 3). Hoyle a demonstrat că supernovele creează mediile stelare cele mai violente, făcând astfel cu putință producerea unor reacții nucleare rare și generând cele mai grele și mai exotice nuclee atomice.

Unul dintre cele mai importante rezultate ale cercetărilor lui Hoyle a fost înțelegerea faptului că moartea unei stele nu pune capăt procesului de nucleosinteză. Când o stea implodează, ea emite unde de

şoc puternice, ceea ce conduce la o explozie prin care atomii sunt răspândiţi în univers. Unii dintre aceşti atomi au fost produşi în reacţiile nucleare din etapele ultime ale vieţii stelei. Aceste rămăşiţe stelare se amestecă cu orice se întâmplă să plutească prin cosmos, de pildă cu atomi provenind de la o altă stea moartă, condensându-se în cele din urmă pentru a forma noi stele. Aceste stele din a doua generaţie se află de la bun început în avantaj din moment ce conţin deja anumiţi atomi grei. Se crede că Soarele nostru e o stea aparţinând celei de-a treia generaţii.

Marcus Chown, autorul cărţii *Furnalul magic*, prezintă astfel semnificaţia alchimiei stelare: „Pentru ca noi să putem trăi, miliarde, zeci de miliarde sau chiar sute de miliarde de stele au trebuit să moară. Fierul din sângele nostru, calciul din oasele noastre, oxigenul care ne umple plămânii de fiecare dată când respirăm — toate acestea au fost făurite în furnalele stelelor ce-au pierit cu mult înainte ca Pământul să se nască." Firilor romantice le-ar plăcea să spună că sunt alcătuite din praf stelar. Cinicii ar înclina să spună că sunt deşeu nuclear.

Hoyle atacase una din marile enigme ale cosmologiei şi găsise o soluţie aproape completă, dar rămânea o dificultate majoră. Tabelul 5 prezintă lanţul nucleosintezei pentru un anumit tip de stea: hidrogenul e convertit în heliu, heliul în carbon, apoi carbonul în toate elementele mai grele. Deşi în tabel e menţionată explicit etapa trecerii de la heliu la carbon, Hoyle n-a putut lămuri cum se face acest pas. Nu a găsit nici o cale nucleară pentru transformarea heliului în carbon. Era o problemă gravă: dacă nu explica formarea carbonului, nu explica nici celelalte reacţii nucleare, fiindcă toate elementele cereau prezenţa carbonului undeva în lanţul reacţiilor care duceau la crearea lor. Cu această dificultate se confruntau toate tipurile de stele — pur şi simplu nu exista nici o cale de a transforma heliul în carbon.

Hoyle se lovise de acelaşi zid nuclear care oprise înaintarea lui Gamow, Alpher şi Herman către o explicaţie privind felul în care heliul a fost convertit în elemente mai grele la puţin timp după big bang. Dacă vă mai aduceţi aminte, echipa lui Gamow găsise că orice reacţie nucleară suferită de heliu produce doar nuclee instabile. Adăugând un nucleu de hidrogen unui nucleu de heliu se obţine un nucleu instabil de litiu–5; unind două nuclee de heliu se obţine un nucleu instabil de beriliu–8. Părea că natura conspirase pentru a bloca singurele două căi prin care heliul se putea transforma în nuclee mai grele. Dacă aceste

două obstacole rămâneau de neocolit, problema formării nucleelor grele ar fi subminat întreaga viziune a lui Hoyle asupra nucleosintezei stelare. Speranțele lui de a explica marea bogăție a elementelor ar fi fost năruite.

Echipa lui Gamow nu putea rezolva problema în contextul nucleosintezei big bang, iar Hoyle n-o putea rezolva în contextul nucleosintezei stelare. Transformarea heliului în carbon părea imposibilă. Hoyle însă refuza să renunțe la speranța de a găsi o cale viabilă pentru producerea carbonului. Toate reacțiile nucleare complicate pe care el le prezisese a avea loc în stelele muribunde se întemeiau pe existența carbonului, așa încât s-a dedicat cu trup și suflet dezlegării misterului ce înconjura producerea carbonului.

Forma cea mai răspândită de carbon este carbonul–12; nucleul lui conține douăsprezece particule, șase protoni și șase neutroni. Forma cea mai răspândită a heliului este heliul–4; nucleul lui conține doi protoni și doi neutroni. Problema lui Hoyle putea fi astfel reformulată ca o singură întrebare simplă: există vreo cale viabilă pentru a transforma trei nuclee de heliu într-un singur nucleu de carbon?

O posibilitate era ca trei nuclee de heliu să se ciocnească simultan pentru a forma un nucleu de carbon. Ideea era frumoasă, dar imposibilă în practică. Probabilitatea ca trei nuclee de heliu să se afle exact în același loc, exact în același moment și având exact vitezele necesare pentru a fuziona e practic nulă. Cealaltă posibilitate era ca două nuclee de heliu să fuzioneze formând un nucleu de beriliu–8, cu patru protoni și patru neutroni, iar acesta să fuzioneze apoi cu alt nucleu de heliu pentru a forma carbonul. Aceste două mecanisme sunt ilustrate în figura 89.

Beriliul–8 e însă extrem de instabil, motiv pentru care fusese deja privit de Gamow drept un obstacol în calea alcătuirii nucleelor mai grele decât heliul. De fapt, un nucleu de beriliu–8 e atât de instabil încât (în rarele cazuri când într-adevăr se formează) după mai puțin de o milionime dintr-o miliardime de secundă se dezintegrează spontan. E greu de închipuit că un nucleu de heliu s-ar putea uni cu un nucleu de beriliu–8 pentru a forma carbon–12, dar chiar și în acest caz mai există un obstacol de depășit.

Suma maselor nucleelor de heliu și de beriliu este cu puțin mai mare decât masa nucleului de carbon, așa încât, dacă într-adevăr heliul

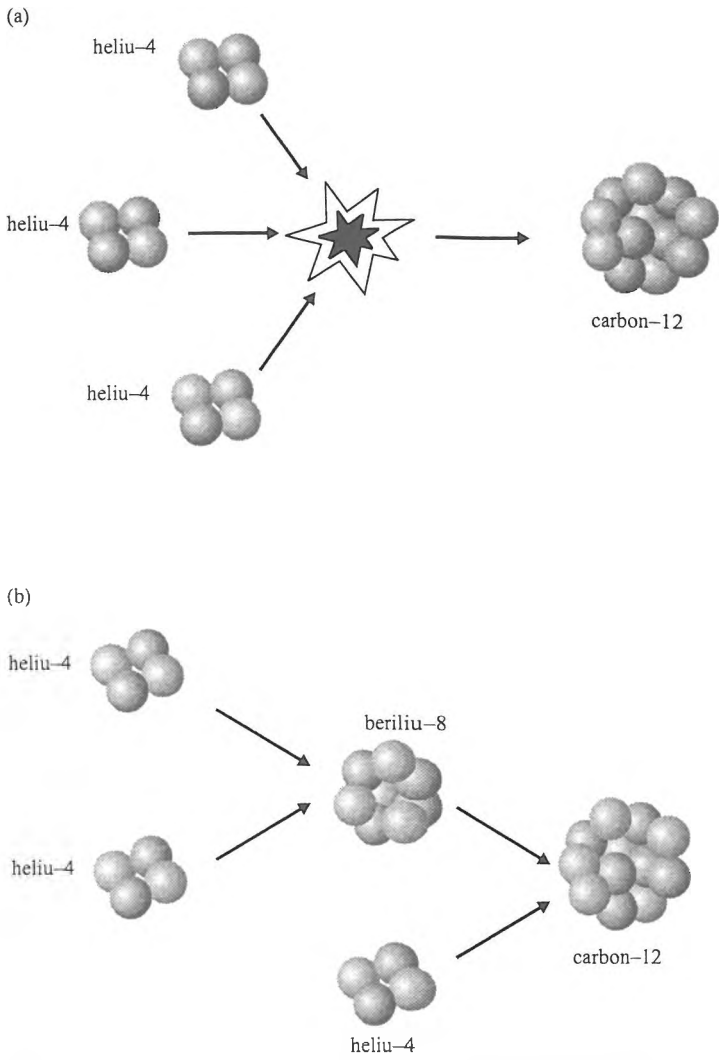


Figura 89 Desenul (a) ilustrează o posibilă cale nucleară de la heliu la carbon care presupune ciocnirea simultană a trei nuclee de heliu, ceea ce e foarte puțin probabil să se petreacă. A doua cale, prezentată în desenul (b), cere ca două nuclee de heliu să se ciocnească pentru a forma unul de beriliu. La rândul lui, nucleul de beriliu se ciocnește cu un alt nucleu de heliu și fuzionează cu el pentru a forma carbonul.

şi beriliul ar fuziona pentru a forma carbon, ar apărea dificultatea de a scăpa de masa în exces. În mod normal, reacţiile nucleare pot disipa orice exces de masă convertind-o în energie (conform relaţiei $E = mc^2$), dar cu cât diferenţa dintre mase e mai mare, cu atât timpul necesar producerii reacţiei e mai lung. Şi tocmai timpul lipseşte nucleului de beriliu–8. Formarea carbonului trebuie să aibă loc aproape instantaneu fiindcă beriliul–8 are un timp de viaţă atât de scurt.

Existau astfel două bariere în calea formării carbonului via beriliu–8. În primul rând, beriliul–8 e extrem de instabil, supravieţuind o infimă fracţiune de secundă. În al doilea rând, transformarea heliului şi beriliului în carbon cere un timp destul de lung din cauza uşorului dezechilibru al maselor. Părea să nu existe nici o ieşire, cele două dificultăţi agravându-se reciproc. Hoyle ar fi putut să se oprească aici şi să-şi îndrepte mintea spre ceva mai simplu, dar el a făcut unul dintre cele mai mari salturi intuitive din istoria ştiinţei.

Deşi fiecare nucleu are o structură standard, Hoyle ştia că erau cu putinţă aranjamente alternative ale protonilor şi neutronilor. Putem să ne închipuim cele douăsprezece particule care alcătuiesc nucleul de carbon ca douăsprezece sfere; două posibile aranjamente ale acestor sfere sunt ilustrate în figura 90. Primul are două straturi de câte şase particule dispuse rectangular; al doilea are patru straturi de câte trei particule dispuse triunghiular (facem aici o simplificare uriaşă, fiindcă la nivel nuclear lucrurile nu pot fi reprezentate geometric atât de clar). Să presupunem că primul aranjament corespunde celei mai răspândite forme a carbonului, iar al doilea corespunde aşa-numitei forme „excitate" a carbonului. Forma comună a carbonului se poate transforma în cea excitată dacă primeşte energie. Din moment ce energia şi masa sunt echivalente (iarăşi $E = mc^2$), nucleul de carbon excitat are o masă uşor mai mare decât nucleul de carbon comun. De aici Hoyle a tras concluzia că trebuie să existe o formă excitată a nucleului de carbon–12 cu o masă având exact valoarea necesară pentru a se potrivi perfect cu suma maselor nucleelor de beriliu–8 şi heliu–4. Dacă ar exista un asemenea nucleu de carbon, atunci heliul–4 ar putea reacţiona mult mai rapid cu beriliul–8 pentru a forma carbonul–12. În ciuda timpului de viaţă foarte scurt al beriliului–8, ar fi cu putinţă crearea unei cantităţi semnificative de carbon–12.

Problemă rezolvată!

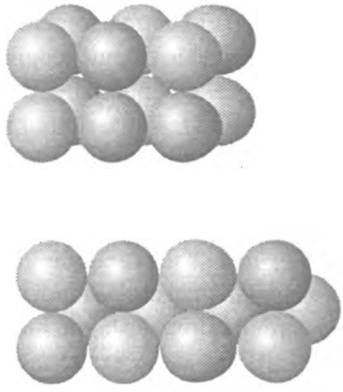


Figura 90 Desenele reprezintă două posibile forme de carbon, dar în realitate protonii (mai întunecați) și neutronii nu se aranjează atât de precis, ci tind să formeze un ciorchine sferic. Esențial e faptul că nucleul de carbon poate exista în aranjamente diferite, având mase diferite.

Savanții însă nu-și pot doar imagina soluția unei probleme. Simplul fapt că Hoyle știa că o stare excitată a carbonului–12, având exact masa necesară, ar deschide calea creării carbonului și a tuturor elementelor grele nu însemna neapărat și că o asemenea stare există în realitate. Nucleele excitate pot avea doar anumite mase și nu-i de ajuns ca savanții să-și dorească pentru masă o valoare convenabilă. Din fericire, Hoyle a fost mai mult decât un simplu optimist. Încrederea lui în existența stării excitate potrivite a carbonului se întemeia pe un raționament logic straniu, dar corect.

Premisa lui Hoyle era că el există în univers. Apoi, el era o formă de viață bazată pe carbon. Prin urmare, carbonul exista în univers, deci trebuia să existe o cale pentru crearea carbonului. Singura cale de producere a carbonului părea să depindă însă de existența unei anumite stări excitate a carbonului. În consecință, o asemenea stare excitată trebuie să existe. Hoyle a aplicat cu rigoare ceea ce mai târziu avea să fie numit principiul antropic. Acest principiu poate fi definit și interpretat în diferite moduri, dar una dintre versiuni spune că:

Ne aflăm aici pentru a studia universul, prin urmare legile universului trebuie să fie compatibile cu propria noastră existență.

În raționamentul său, Hoyle a afirmat că este parțial alcătuit din nuclee de carbon–12, deci starea excitată potrivită a carbonului trebuie să existe, altminteri nici carbonul–12, nici Fred Hoyle n-ar exista.

În termeni tehnici, Hoyle a prezis că starea excitată a carbonului propusă de el ar trebui să aibă o energie cu 7,65 megaelectronvolți (MeV) mai mare decât nucleul obișnuit de carbon. Megaelectronvoltul reprezintă o minusculă unitate de energie potrivită pentru a măsura energiile asociate unor obiecte minuscule cum sunt nucleele atomice. Acum Hoyle voia să știe dacă această stare excitată exista în realitate.

În 1953, la puțin timp după ce postulase această stare excitată a carbonului, Hoyle a fost invitat să-și petreacă un an sabatic la Institutul Tehnologic din California (Caltech), unde a avut șansa să-și testeze teoria. În campusul de la Caltech se afla Laboratorul Kellogg pentru radiații, în cadrul căruia Willy Fowler își dobândise reputația de a se număra printre cei mai mari fizicieni nucleariști experimentatori din lume. Într-o bună zi Hoyle a intrat în biroul lui Fowler și i-a spus că prezisese existența unei stări excitate a carbonului cu 7,65 MeV deasupra stării obișnuite. Nimeni nu făcuse vreodată o predicție atât de exactă privind o stare excitată a unui nucleu, fiindcă fizica și matematica implicate erau mult prea complexe. Predicția lui Hoyle nu se întemeia însă pe matematică sau pe fizică, ci pe logică pură. Hoyle voia ca Fowler să caute starea carbonului–12 prezisă de el și să demonstreze că avea dreptate.

Aceasta a fost prima întâlnire a lui Fowler cu Hoyle, iar el nu știa prea bine ce avea englezul în minte. Răspunsul inițial al lui Fowler a fost că se făcuseră deja măsurători detaliate asupra carbonului–12 și nu exista vreo dovadă privind o stare excitată la 7,65 MeV. Mai târziu avea să-și aducă aminte de reacția lui negativă față de Hoyle: „Aveam serioase îndoieli că acest cosmolog al stării staționare, acest teoretician, era îndreptățit să pună întrebări despre nucleul de carbon–12 [...] În fața mea stătea omulețul ăsta nostim care își închipuia că noi ar trebui să oprim toată activitatea importantă în care eram angajați [...] și să căutăm starea aia, iar noi i-am dat papucii. Șterge-o de-aici, tinere, ne plictisești."

Hoyle a insistat, arătând că Fowler ar putea verifica teoria în doar câteva zile căutând starea carbonului–12 la exact 7,65 MeV. Dacă Hoyle se înşela, Fowler putea recupera întârzierile rămând câteva seri peste program, dar, dacă Hoyle avea dreptate, atunci Fowler avea să fie răsplătit ca autor al uneia dintre cele mai mari descoperiri din fizica nucleară. Această simplă analiză costuri–beneficii l-a convins pe Fowler. A cerut echipei sale să înceapă imediat căutarea stării excitate, pentru a se asigura că nu fusese cumva trecută cu vederea în cursul măsurătorilor precedente.

După zece zile de analiză a nucleului de carbon–12, echipa lui Fowler a găsit o nouă stare excitată. Se afla la 7,65 MeV, exact acolo unde Hoyle spusese că trebuie să fie. Aceasta a fost prima şi singura dată când un savant a făcut o predicţie folosind principiul antropic, iar predicţia s-a dovedit corectă. E o probă de geniu în toată puterea cuvântului.

În sfârşit, Hoyle demonstrase şi identificase mecanismul prin care heliul poate fi transformat în beriliu şi apoi în carbon. Confirmase faptul că, la o temperatură de aproximativ 200 000 000 °C, carbonul poate fi sintetizat prin reacţia prezentată în figura 89 (b). Era un proces lent, dar, în cursul miliardelor de ani, miliarde de stele puteau produce cantităţi semnificative de carbon.

Explicarea creării carbonului confirma punctul de pornire pentru celelalte reacţii nucleare în urma cărora apăreau toate elementele din univers. Hoyle rezolvase problema nucleosintezei. Era un succes pentru modelul stării staţionare, fiindcă acum Hoyle era îndreptăţit să afirme că materia simplă care se presupunea a fi creată în spaţiile dintre galaxiile aflate în mişcare de recesiune se grupează pentru a alcătui noi stele şi galaxii, iar acolo, în diferitele furnale stelare, sunt făurite elementele mai grele pe care le vedem astăzi. Descoperirea lui Hoyle venea însă şi în sprijinul modelului big bang, care nu putea altfel explica producerea elementelor grele din hidrogenul şi heliul ce se presupunea a fi apărut imediat după crearea universului.

La prima vedere, rezolvarea problemei nucleosintezei nu favoriza vreunul din cele două modele cosmologice rivale. În fond, atât modelul big bang, cât şi cel al stării staţionare puteau explica sinteza elementelor grele invocând acelaşi proces stelar. De fapt însă, big bang-ul devenise mai puternic fiindcă, în privinţa creării elementelor uşoare cum sunt hidrogenul şi heliul, doar modelul big bang putea explica satisfăcător abundenţele lor.

Heliul este, după hidrogen, al doilea element în ordinea abundenței și a greutății. Stelele convertesc hidrogenul în heliu, dar o fac într-un ritm foarte lent, așa încât nu puteau da socoteală pentru marea cantitate de heliu care există azi în univers. Gamow, Alpher și Herman arătaseră însă că abundența heliului din universul actual poate fi explicată dacă hidrogenul a fost convertit în heliu în momentele ce au urmat big bang-ului. Cele mai recente calcule ale modelului big bang estimau că atomii de heliu ar trebui să reprezinte 10% din totalitatea atomilor din univers, cifră foarte apropiată de ultimele estimări bazate pe observație, așa încât teoria concorda cu experimentul.

Pe de altă parte, modelul stării staționare nu izbutea să explice abundența heliului. Prin urmare, cele două modele se aflau pe picior de egalitate în privința nucleosintezei elementelor grele, dar numai big bang-ul putea explica nucleosinteza heliului.

În favoarea nucleosintezei big bang au venit și noi calcule privind nucleosinteza nucleelor unor elemente cum ar fi litiul și borul, mai grele decât heliul, dar mai ușoare decât carbonul. Calculele au demonstrat că aceste nuclee de litiu și de bor nu puteau fi sintetizate în interiorul stelelor, însă puteau să fi apărut în căldura big bang-ului în același moment în care hidrogenul era convertit în heliu. Într-adevăr, estimările teoretice privind abundențele litiului și borului create în căldura big bang-ului se potriveau perfect cu cele observate în universul actual.

Deși explicarea completă a nucleosintezei a reprezentat o victorie pentru modelul big bang, ironia soartei a făcut ca aceasta să nu fi fost cu putință fără imensa contribuție a lui Hoyle, care se afla în tabăra adversă. George Gamow nutrea un mare respect pentru Hoyle și i-a recunoscut meritele în glumeața sa rescriere a Genezei, prezentată în figura 91. Geneza lui Gamow este de fapt un excelent rezumat al nucleosintezei, de la crearea nucleelor ușoare în căldura big bang-ului până la crearea nucleelor grele în supernove.

Întregul program de cercetare pentru explicarea nucleosintezei prin procesele din interiorul stelelor implica zeci de pași și numeroase corecturi care au fost aduse în mai bine de un deceniu. Hoyle a rămas mereu în centrul acestor eforturi, dar, în plan experimental, a primit un sprijin substanțial din partea lui Willy Fowler și a colaborat de

Figura 91 Geneza după George Gamow

La început a făcut Dumnezeu radiația și ylem-ul. Și ylem-ul nu avea formă sau număr, iar nucleonii goneau nebunește deasupra adâncului.

Și a zis Dumnezeu: « Să fie masa doi. » Și a fost masa doi. Și a văzut Dumnezeu deuteriul, iar deuteriul era bun.

Și a zis Dumnezeu: « Să fie masa trei. » Și a fost masa trei. Și a văzut Dumnezeu tritiul, iar tritiul era bun.

Și Dumnezeu a continuat să strige numere până a ajuns la elementele transuraniene. Dar când a privit înapoi la lucrarea Lui a văzut că nu era bună. În vârtejul numărătorii a uitat să strige masa cinci, așa încât, în chip firesc, nici un element mai greu nu s-a format.

Dumnezeu era foarte dezamăgit și primul Lui gând a fost să contracte iar universul și să ia totul de la capăt. Ar fi fost însă mult prea simplu. Prin urmare, atotputernic fiind, Dumnezeu a hotărât să-și îndrepte greșeala pe calea cea mai grea cu putință.

Și a zis Dumnezeu: « Să fie Hoyle. » Și a fost Hoyle. Și Dumnezeu s-a uitat la Hoyle și i-a zis să facă elementele grele după cum îi era voia.

Și Hoyle s-a hotărât să facă elemente grele în stele și să le împrăștie de jur-împrejur prin exploziile supernovelor. Numai că, procedând astfel, trebuia să obțină aceleași abundențe cu cele care ar fi rezultat din nucleosinteza ylem-ului dacă Dumnezeu n-ar fi uitat să strige masa cinci.

Și astfel, cu ajutorul lui Dumnezeu, Hoyle a făcut pe această cale elementele grele, dar a fost atât de complicat încât în zilele noastre nici Hoyle, nici Dumnezeu și nici altcineva nu mai știe exact cum anume s-a întâmplat.

Amin

asemenea cu cuplul Margaret și Geoffrey Burbidge. Cei patru au publicat o lucrare concluzivă însumând 104 pagini, intitulată „Sinteza elementelor în stele", care identifica rolul fiecărei faze stelare și consecințele fiecărei reacții nucleare. Lucrarea conținea o afirmație extrem de îndrăzneață: „Am găsit că se pot explica, într-o manieră generală, abundențele practic tuturor izotopilor atomilor, de la hidrogen la uraniu, prin sinteză în stele și supernove."

Lucrarea a devenit atât de celebră încât era desemnată doar prin inițialele autorilor (B^2FH) și a fost unanim recunoscută drept unul dintre cele mai mari succese ale științei secolului XX. Nu e deci de mirare că unul din autorii ei merita un premiu Nobel. Surprinzător a fost însă faptul că în 1983 premiul Nobel pentru fizică i-a fost acordat lui Willy Fowler, și nu lui Fred Hoyle.

Faptul că Hoyle a fost ignorat e una din marile nedreptăți în istoria premiilor Nobel. Motivul principal pentru care comitetul Nobel l-a umilit pe Hoyle a fost acela că, de-a lungul anilor, din pricina firii lui deschise, își făcuse un mare număr de dușmani. De pildă, protestase vehement când, în 1974, premiul Nobel fusese acordat pentru descoperirea pulsarilor. Era de acord că detectarea acestor stele pulsante reprezenta o descoperire importantă, dar i se părea scandalos că premiul nu a fost acordat și tânărului astronom Jocelyn Bell, cel care efectuase observațiile cruciale. Strategia înțeleaptă ar fi fost să tacă din gură și să nu se implice în controversă, dar Hoyle nu putea așeza eticheta mai presus de cinste și integritate.

De asemenea, în loc să țină capul plecat și să-și vadă de munca lui la Cambridge, Hoyle s-a războit cu politica absurdă prin care era condusă universitatea. În 1972, după ani de luptă cu sistemul, profund decepționat, Hoyle și-a dat demisia :

> Nu văd ce rost are să-mi continui lupta de hărțuială pe un câmp de bătălie unde nu pot spera să înving vreodată. Sistemul de la Cambridge e menit să împiedice orice încercare de a impune o altă orientare în conducere — decizii-cheie sunt blocate de comitete prost informate și dominate de interese politice. Pentru a fi eficient în acest sistem trebuie să-ți supraveghezi continuu colegii, aproape ca în sistemul de spioni al lui Robespierre. Dacă faci asta, atunci bineînțeles că îți rămâne prea puțin timp pentru știința adevărată.

Deşi felul său deschis de a aborda fizica şi viaţa l-au făcut să devină nesuferit în unele cercuri, cei mai mulţi dintre savanţi ţineau foarte mult la Hoyle. Între ei, astronomul american George O. Abell :

> E un conferenţiar strălucit şi un minunat profesor. Pe deasupra, e un om cald care îşi găseşte mereu timp să stea de vorbă cu studenţii; entuziasmul lui îndreptat aproape în toate direcţiile e contagios. S-a dovedit într-adevăr a fi un om al ideilor; e pur şi simplu un tip sclipitor, în orice gen de conversaţie, în orice împrejurare [...] Asemenea bogăţie de idei, dintre care unele sunt greşite, altele sunt greşite dar strălucite, iar altele sunt strălucite şi corecte, constituie progresul ştiinţei.

După demisie, Hoyle şi-a petrecut următorii treizeci de ani din viaţă ca astrofizician hoinar, vizitând diverse universităţi şi stabilindu-se în regiunea lacurilor din nord-vestul Angliei, pentru ca apoi să se retragă pe ţărmul oceanului, la Bournemouth. Astronomul Regal Martin Rees avea să spună că a fost un sfârşit trist pentru un om atât de mare: „Izolarea lui consecventă faţă de marea comunitate academică a avut probabil urmări nefaste asupra propriei sale ştiinţe; pentru noi toţi a fost fără îndoială o pierdere dureroasă."

Cosmologie corporatistă

Cei care au contribuit la istoria cosmologiei şi-au susţinut financiar cercetările pe diverse căi. Copernic a găsit timp să studieze sistemul solar printre îndatoririle sale de medic al episcopului de Ermland, în vreme ce Kepler s-a bucurat de protecţia lui Wackher von Wackenfels, sfetnicul împăratului. Ascensiunea universităţilor europene le-a oferit turnuri de fildeş lui Newton şi Galilei, iar, pe de altă parte, unii savanţi, cum ar fi Lordul Rosse, erau ei înşişi suficient de bogaţi pentru a-şi construi propriile turnuri şi observatoare de fildeş. Protecţia regală a jucat în Europa, timp de multe veacuri, un rol însemnat, monarhi precum George al III-lea sprijinindu-i pe colegii lui Herschel. În schimb, astronomii americani care la începutul secolului XX îşi doreau telescoape mai mari s-au îndreptat spre filantropi multimilionari ca Andrew Carnegie, John Hooker şi Charles Tyson Yerkes.

Până în anii 1920 însă, marile corporaţii nu investiseră nimic în explorarea cerului. Lucrul nu e surprinzător, din moment ce sondarea

structurii universului nu e calea cea mai sigură de a obține profituri pentru acționari. Și totuși, o corporație americană s-a hotărât să devină un actor important în dezvoltarea cosmologiei și a avut o contribuție semnificativă la disputa ce opunea modelul big bang și cel al stării staționare.

Corporația American Telephone and Telegraph (AT&T) își dobândise faima construind rețeaua de comunicații a Americii și exploatând brevetele pentru telefonie ale lui Graham Bell. Apoi, după fuziunea cu Western Electric din 1925, și-a stabilit baza de cercetare la Laboratoarele Bell din New Jersey, care și-au cucerit curând o faimă internațională. În afară de cercetarea aplicată în comunicații, Laboratoarele Bell au alocat resurse importante cercetării fundamentale. Principiul după care s-a ghidat mereu corporația era că o cercetare pură de prim rang hrănește curiozitatea și stabilește punți către universități, ceea ce duce în cele din urmă la beneficii comerciale concrete. Lăsând deoparte beneficiile, descoperirile făcute la Laboratoarele Bell au avut drept rezultat șase premii Nobel pentru fizică împărțite între unsprezece savanți, record la care pot aspira doar cele mai mari universități din lume. De pildă, în 1937 Clinton J. Davisson a primit premiul pentru lucrările sale privind natura ondulatorie a materiei, în 1947 Bardeen, Brattain și Shockley pentru inventarea tranzistorului, iar în 1998 Stormer, Laughlin și Tsui pentru descoperirea și explicarea efectului Hall fracționar.

Implicarea Laboratoarelor Bell în cercetarea cosmologică are o istorie complicată și datează din 1928, anul în care AT&T a înființat un serviciu transatlantic de radiotelefonie. Legătura radio costa pentru o convorbire 75 de dolari în primele trei minute — echivalentul a aproape 1000 de dolari în zilele noastre. Cum AT&T voia să păstreze monopolul asupra acestei piețe profitabile, a cerut Laboratoarelor Bell să cerceteze sursele naturale de unde radio care interferau cu comunicațiile radio la mare distanță provocând un zgomot de fond. Sarcina de a studia aceste surse parazite i-a revenit lui Karl Jansky, un tânăr cercetător care abia absolvise fizica la Universitatea din Wisconsin, unde tatăl său ținuse cursuri de inginerie electrică.

Undele radio, ca și undele luminii vizibile, sunt unde electromagnetice, dar sunt invizibile și au lungimi de undă mult mai mari decât cele ale luminii vizibile. Dacă lungimile de undă ale luminii vizibile sunt mai mici decât a mia parte dintr-un milimetru, lungimile de undă ale undelor radio variază între câțiva milimetri (microunde), câțiva

metri (unde radio ultrascurte) și câteva sute de metri (unde radio lungi). Lungimile de undă implicate în sistemul de radiotelefonie al AT&T erau de ordinul a câțiva metri, așa încât Jansky a construit o antenă radio uriașă de mare sensibilitate la sediul din Holmdel al Laboratoarelor Bell, prezentată în figura 92, antenă capabilă să detecteze unde radio de 14,6 metri. Ea era instalată pe o platformă care se rotea de trei ori pe oră, putând astfel că culeagă unde radio din toate direcțiile. Când Jansky se întorcea cu spatele, copiii din preajmă se urcau în cel mai lent carusel din lume, motiv pentru care antena a fost poreclită „călușeii lui Jansky".

După ce a construit antena în toamna lui 1930, timp de câteva luni Jansky a măsurat cu atenție intensitatea interferențelor radio provenind din direcții diferite și în diferite momente ale zilei. Și-a conectat antena la un difuzor, astfel încât putea auzi șuierăturile și pârâiturile electrostatice provocate de interferența naturală a undelor radio. Treptat, și-a dat seama că existau trei categorii de interferențe. În primul rând, cele provocate de impactul fulgerelor întâmplătoare. În al doilea rând, exista un pârâit mai slab și mai constant provenind de la furtunile îndepărtate. În al treilea rând, apărea o categorie de interferențe și mai slabe, despre care Jansky spunea că reprezintă „un șuierat electrostatic foarte uniform, de origine deocamdată necunoscută".

Majoritatea cercetătorilor ar fi ignorat sursa radio necunoscută fiindcă era insignifiantă în comparație cu alte două surse și nu avea o influență importantă asupra comunicațiilor transatlantice. Jansky însă era hotărât să dezlege misterul și a petrecut câteva luni analizând strania interferență. Treptat, a ieșit la iveală faptul că șuieratul provenea dintr-o anume regiune a cerului și că atingea o valoare maximă la fiecare 24 de ore. Când Jansky a cercetat mai atent datele, a văzut că maximul apărea la fiecare 23 de ore și 56 de minute, deci la un interval puțin mai mic decât o zi.

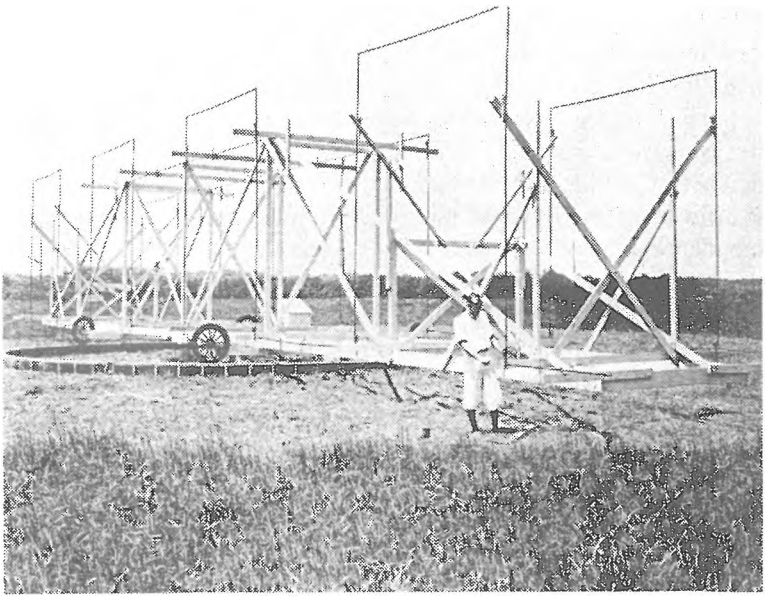
Jansky a vorbit despre acest ciudat interval de timp cu Melvin Skellet, coleg cu el și doctor în astronomie, iar acesta a înțeles semnificația celor patru minute lipsă. În fiecare an Pamântul se rotește în jurul axei proprii de 365 ¼ ori, iar fiecare zi dureaza 24 de ore, deci un an are 365 ¼ × 24 = 8 766 ore. Dar, în afara celor 365 ¼ rotații în jurul axei proprii, Pamântul mai face o rotație suplimentară datorită mișcării de revoluție în jurul Soarelui. Prin urmare, Pământul efectuează de fapt 366 ¼ rotații în 8 766 ore (un an), deci fiecare rotație

durează 23 de ore și 56 de minute, interval cunoscut sub numele de *zi siderală*. Ziua siderală reprezintă durata rotației noastre în raport cu întregul univers, spre deosebire de cele 24 de ore obișnuite.

Skellet cunoștea bine semnificația astronomică a zilei siderale, dar Jansky a fost surprins și a început imediat să ia în calcul consecințele ei asupra interferenței radio. A înțeles că, din moment ce valoarea maximă a șuieratului apărea o dată la fiecare zi siderală, sursa lui trebuia să se afle undeva departe de Pământ și de sistemul solar. Ziua siderală implica o sursă radio cosmică. Și, într-adevăr, când Jansky a încercat să stabilească direcția semnalului radio, a descoperit că el provenea din centrul Căii Lactee, galaxia noastră. Singura explicație era că galaxia noastră emitea unde radio.

La doar 26 de ani, Karl Jansky devenise primul om care a detectat și identificat unde radio provenind din spațiul extraterestru, descoperire

Figura 92 Karl Jansky făcând reglajele la antena proiectată să detecteze sursele naturale de unde radio. Cu ajutorul roților de Ford model T, platforma pe care se afla antena se putea roti.



cu adevărat istorică. Știm acum că în centrul Căii Lactee există câmpuri magnetice intense care interacționează cu electronii rapizi, de aici rezultând unde radio. Cercetările lui Jansky aruncaseră o privire asupra acestui fenomen. El și-a anunțat rezultatul într-un articol intitulat „Perturbații electrice de probabilă origine extraterestră".

Povestea a fost culeasă de *New York Times* care, la 5 mai 1933, publica pe prima pagină un articol în care își liniștea cititorii: „Nu există nici un indiciu că aceste unde galactice ar reprezenta vreun semnal interstelar sau că ar fi produsul unei inteligențe tânjind după comunicare intergalactică." Ceea ce nu a împiedicat ca pe biroul lui Jansky să se adune un munte de scrisori în care se afirma că acesta primise de la extratereștri mesaje importante ce nu trebuiau ignorate.

Adevărata semnificație a descoperirii lui Jansky depășește simplul fapt că galaxia noastră emite unde radio. El a reușit să întemeieze disciplina *radioastronomiei* și să demonstreze că astronomii puteau afla multe depre univers căutând dincolo de domeniul îngust al undelor electromagnetice vizibile pentru ochiul uman. După cum am menționat în capitolul 3, obiectele emit unde electromagnetice într-un spectru larg de lungimi de undă. Aceste lungimi de undă, prezentate în figura 93, pot fi deopotrivă mai lungi și mai scurte decât cele ale curcubeului.

Chiar dacă nu putem vedea cu ochii noștri aceste lungimi de undă extreme, ele sunt reale. Același lucru se întâmplă cu sunetele. Animalele emit sunete într-o gamă largă de lungimi de undă, dar oamenii le pot auzi doar pe cele dintr-un domeniu limitat. Nu putem auzi nici infrasunetele (lungimi de undă mari) produse de elefanți, nici ultrasunetele (lungimi de undă mici) emise de lilieci. Știm că ultrasunetele și infrasunetele există doar pentru că le putem detecta cu un echipament special.

Jansky o luase înaintea timpului său, fiindcă astronomii nu erau familiarizați cu tehnicile radio și refuzau să urmeze calea deschisă de el. În plus, din cauza marii crize economice, Laboratoarele Bell nu puteau justifica finanțarea radioastronomiei, așa încât Jansky a fost obligat să-și abandoneze cercetările. În timp însă, descoperirea lui Jansky i-a îndemnat pe alți astronomi să-și extindă observațiile dincolo de spectrul vizibil.

Astronomii din zilele noastre folosesc nu doar radiotelescoape, ci și telescoape în infraroșu, în raze X sau alte echipamente pentru a avea acces la întregul spectru electromagnetic al lungimilor de undă.

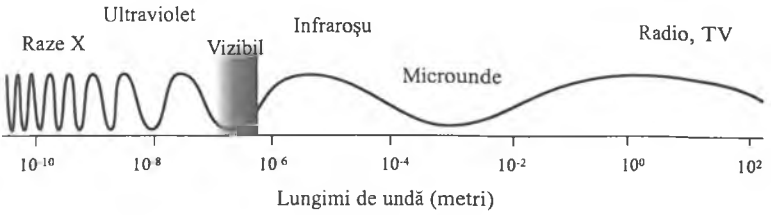


Figura 93 Spectrul luminii vizibile este o parte dintr-un domeniu mult mai vast de lungimi de undă, cunoscut sub numele de spectru electromagnetic. Toată radiaţia electromagnetică, inclusiv lumina vizibilă, reprezintă vibraţii electrice şi magnetice. Domeniul luminii vizibile e limitat la o bandă îngustă a spectrului electromagnetic. Pentru a studia deci universul cât mai complet cu putinţă, astronomii încearcă să detecteze radiaţia din întreg spectrul lungimilor de undă, de la miliardimi de metru (raze X) la câţiva metri (unde radio).

Explorând diferite lungimi de undă, astronomii pot studia diferite aspecte ale universului. De pildă, telescoapele în raze X detectează cele mai scurte lungimi de undă, ideale pentru observarea celor mai energetice evenimente din univers. Telescoapele în infraroşu sunt extrem de eficiente pentru scrutarea Căii Lactee, fiindcă lungimile de undă infraroşii trec prin praful galactic care obturează lumina vizibilă.

Exploatarea tuturor lungimilor de undă ale radiaţiei provenind de la corpurile cereşti a devenit obiectivul principal al astronomiei moderne. Lumina, vizibilă sau invizibilă, e singura cale prin care universul poate fi studiat, aşa încât astronomii trebuie să folosească fiecare indiciu la fiecare lungime de undă disponibilă.

În paranteză fie spus, detectarea emisiilor radio de către Jansky a fost o pură întâmplare — el a descoperit un lucru minunat fără să-şi fi propus aşa ceva la început. E o frumoasă ilustrare a unei bine-cunoscute dar mereu surprinzătoare trăsături a descoperirilor ştiinţifice numită *serendipitate*.* Cuvântul „serendipitate" a fost inventat în 1754 de politicianul şi scriitorul Horace Walpole care l-a folosit într-o scrisoare în care povestea o întâmplătoare dar fericită descoperire despre o cunoştinţă:

* Originea termenului fiind explicată în text, ne-am permis să dăm în română o variantă calchiată după englezescul *serendipity*. (*N. t.*)

> Această descoperire ține de ceea ce eu numesc cu un termen foarte expresiv serendipitate, termen pe care am să mă străduiesc să ți-l explic. În loc să-ți dau o definiție, am să-ți spun mai bine cum am ajuns la cuvântul ăsta. Am citit pe vremuri un basm cam stupid purtând titlul *Cei trei prinți din Serendip*: pe când călătoreau, alteţele lor descopereau mereu, cu un amestec de şansă şi isteţime, tot felul de lucruri pe care nu le căutau.

Serendipitatea se întâlneşte la fiecare pas în istoria ştiinţei şi tehnicii. De pildă, în 1948, pe când hoinărea la ţară, în Elveţia, George de Mestral a văzut nişte seminţe ţepoase pe pantalonii lui, a observat cârligele lor mici cu care se agăţaseră de textura stofei, iar asta l-a inspirat să inventeze benzile adezive Velcro. Alt exemplu de serendipitate din domeniul adezivilor: Art Fry încerca să fabrice un clei puternic, iar întâmplarea a făcut să obţină unul atât de slab încât obiectele lipite cu el se dezlipeau foarte uşor. Fry, care cânta în corul bisericii, a acoperit bucăţi de hârtie cu cleiul ratat şi le-a folosit ca să marcheze paginile în cartea lui de cânturi. Aşa s-a născut post-it-ul. Un exemplu medical de serendipitate e Viagra, care a apărut iniţial în tratarea bolilor cardiace. Cercetătorii au bănuit că ar putea avea un efect secundar pozitiv doar atunci când pacienţii care fuseseră folosiţi la testarea medicamentului au refuzat să restituie pilulele rămase, deşi efectul asupra bolilor cardiace părea neînsemnat.

Ar fi nedrept să spunem că savanţii care au exploatat serendipitatea au fost doar nişte norocoşi. Toţi aceşti oameni de ştiinţă şi inventatori au profitat de observaţiile întâmplătoare abia după ce acumulaseră destule cunoştinţe pentru a le aşeza în context. După cum spunea Louis Pasteur, el însuşi beneficiar al serendipităţii: „Norocul surâde minţii pregătite." Şi Walpole subliniase în scrisoarea lui că serendipitatea e rezultatul şansei şi isteţimii.

Mai mult, cei ce vor să aibă acces la serendipitate trebuie să fie pregătiţi să profite de ocazie, nu să-şi scuture pantalonii de seminţe, să arunce cleiul ratat sau să ignore un test medical eşuat. Descoperirea penicilinei de către Alexander Fleming a depins de grăuntele de penicillium care i-a intrat pe fereastră şi a aterizat într-o farfurioară distrugându-i cultura de bacterii. Probabil că fuseseră contaminate cu penicillium culturile de bacterii ale multor microbiologi, dar nici unul din ei nu a văzut în asta şansa de a descoperi un antibiotic care să salveze milioane de vieţi. Winston Churchill spunea odată: „Oamenii

se împiedică din când în când de adevăr, dar cei mai mulți se ridică și pornesc mai departe ca și cum nimic nu s-ar fi întâmplat."

Întorcându-ne la radioastronomie, vom vedea că serendipitatea nu stă doar la originea unei noi tehnici de observație. În anii ce aveau să urmeze a jucat un rol esențial în mai multe descoperiri din domeniu.

De exemplu, în timpul celui de-al Doilea Război Mondial, profesorul Stanley Hey a fost atașat grupului operațional de cercetări privind radarul. Pe lângă studiul transmisiei și recepției undelor radio, care constituiau elementele de bază ale radarului, Hey a încercat să rezolve o problemă cu care se confrunta sistemul radar al aliaților. Operatorii radar constatau uneori că ecranele lor erau luminate ca un pom de Crăciun, ceea ce îi împiedica să identifice bombadierele inamice în multitudinea de semnale. Se bănuia că inginerii germani inventaseră o nouă tehnică de bruiaj radar trimițând unde radio asupra stațiilor britanice. Hey și-a propus să descopere cum reușeau nemții să genereze asemenea semnale puternice de bruiaj, ceea ce l-ar fi putut ajuta să găsească un mijloc de a le contracara. Apoi, în primăvara lui 1942, și-a dat seama că problema englezilor n-avea nici o legătură cu nemții.

Hey a observat că bruiajul părea să vină dimineața dinspre est, la prânz dinspre sud, după-amiaza dinspre vest, iar la asfințit înceta. Evident, nu era nici o armă secretă nazistă, ci doar rezultatul emisiei de unde radio provenind de la Soare. Se întâmpla ca atunci activitatea să fie maximă în cadrul ciclului de 11 ani al petelor solare, iar emisiile radio erau legate de această activitate solară. Ocupându-se de radar, Hey descoperise din întâmplare că Soarele — și probabil fiecare stea — emite unde radio.

Hey pare să fi fost foarte înzestrat pentru serendipitate, fiindcă în 1944 a făcut altă descoperire norocoasă. Folosind un sistem radar special, inventat de el pentru a detecta rachetele V-2, Hey a observat că și meteoriții emit semnale radio la trecerea lor prin atmosferă.

După ce, în 1945, cercetările frenetice din timpul războiului legate de radar s-au încheiat, a rămas o mare cantitate de echipament radio nefolosit, precum și un mare număr de cercetători care știau să-l utilizeze. Acesta e motivul pentru care radioastronomia a devenit un domeniu serios de studiu. Doi dintre primii radioastronomi de meserie au fost Stanley Hey și colegul său din timpul războiului Bernard Lovell, care au izbutit să obțină o unitate radar mobilă ce aparținuse armatei și s-au lansat într-un program de observații radioastronomice. Acesta

a fost doar începutul pentru Lovell, care a pus apoi la punct un observator radioastronomic la Manchester. Interferențele radio provocate de tramvaiele care treceau pe stradă l-au obligat să se mute la Jodrell Bank, o grădină botanică la vreo 30 de kilometri sud de oraș, unde a început să contruiască un observator radio de clasă mondială. Între timp, la Cambridge, Martin Ryle încerca să țină pasul cu Jodrell Bank, iar el este cel care avea să aducă radioastronomia în centrul disputei dintre big bang și starea staționară.

Ryle, care absolvise facultatea de fizică în 1939, lucrase și el în domeniul radarului pe timpul războiului. Se ocupase mai întâi de construcția radarelor care echipau avioanele, apoi a trecut la departamentul de cercetare din cadrul aviației, unde a descoperit cum să bruieze sistemul de ghidaj al rachetelor V-2. Cea mai mare realizare a lui s-a legat de proiectul ultrasecret „Moonshine" care urmărea simularea unor atacuri navale sau aeriene prin generarea de semnale false în radarele germane. În pregătirea debarcării din Normandia, a contribuit la dezorientarea armatei germane simulând două asalturi navale masive asupra coastei franceze departe de locul unde a avut loc debarcarea.

După război, Ryle a pus mâna pe echipamentul folosit în scopuri militare și a început să îmbunătățească precizia observațiilor radioastronomice. În comparație cu un telescop optic, radiotelescoapele au o foarte slabă precizie în stabilirea direcției din care provine semnalul, consecință a faptului că lungimea de undă din domeniul radio e mai mare decât cea a luminii vizibile. Ryle a rezolvat problema în 1946, printr-o nouă tehnică numită *interferometrie*: semnalele receptate de mai multe radiotelescoape pot fi combinate pentru a îmbunătăți precizia.

Prin urmare, în 1948, Ryle a început să scruteze cerul pentru a vedea dacă nu există obiecte care emit foarte puțină lumină vizibilă, dar cantități mari de unde radio. Asemenea obiecte ar fi invizibile pentru telescoapele optice, în schimb ar putea fi puse în evidență clar de radiotelescopul lui. Ideea lui Ryle seamănă cu ce ar face poliția ca să găsească un deținut evadat în toiul nopții. Polițiștii ar putea scruta orizontul cu un binoclu, dar n-ar vedea nimic, pentru că deținutul nu emite lumină, iar noaptea se întâmplă să fie foarte întunecoasă. Dacă însă ar folosi un aparat sensibil la radiația infraroșie emisă de orice corp cald, deținutul s-ar vedea clar. Sau, dacă prizonierul ar utiliza un telefon mobil pentru a lua legătura cu complicii, telefonul ar emite

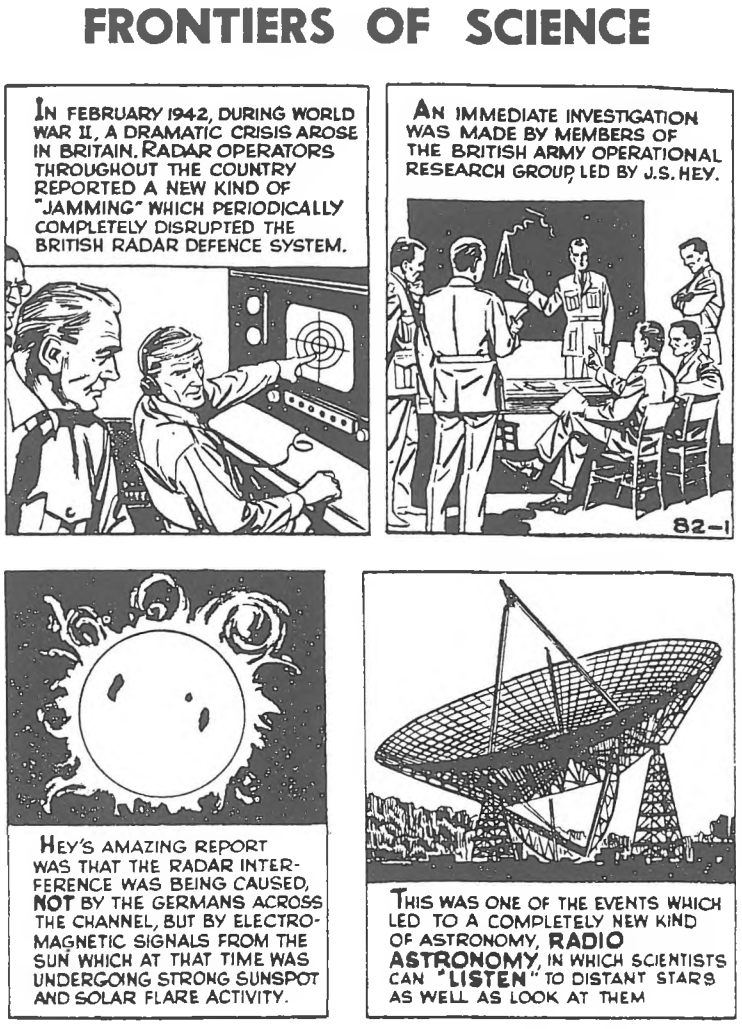

FRONTIERS OF SCIENCE
IN FEBRUARY 1942, DURING WORLD WAR II, A DRAMATIC CRISIS AROSE IN BRITAIN. RADAR OPERATORS THROUGHOUT THE COUNTRY REPORTED A NEW KIND OF "JAMMING" WHICH PERIODICALLY COMPLETELY DISRUPTED THE BRITISH RADAR DEFENCE SYSTEM.
AN IMMEDIATE INVESTIGATION WAS MADE BY MEMBERS OF THE BRITISH ARMY OPERATIONAL RESEARCH GROUP, LED BY J.S. HEY.
82-1
HEY'S AMAZING REPORT WAS THAT THE RADAR INTERFERENCE WAS BEING CAUSED, NOT BY THE GERMANS ACROSS THE CHANNEL, BUT BY ELECTROMAGNETIC SIGNALS FROM THE SUN WHICH AT THAT TIME WAS UNDERGOING STRONG SUNSPOT AND SOLAR FLARE ACTIVITY.
THIS WAS ONE OF THE EVENTS WHICH LED TO A COMPLETELY NEW KIND OF ASTRONOMY, RADIO ASTRONOMY, IN WHICH SCIENTISTS CAN "LISTEN" TO DISTANT STARS AS WELL AS LOOK AT THEM

Figura 94 Descoperirile lui Stanley Hey din timpul războiului au fost prezentate sub forma unor benzi desenate la rubrica „Frontierele științei" din *Daily Herald* în aprilie 1963.

unde radio, iar cu ajutorul unui detector radio poliția ar putea determina poziția lui. Cu alte cuvinte, diferite obiecte emit energie cu diferite lungimi de undă și dacă vrei să „vezi" obiectele trebuie să folosești detectorul potrivit, acordat la lungimea de undă corectă.

Primul set de observații ale lui Ryle, cunoscut sub numele de Primul Studiu Cambridge (1C) a identificat cincizeci de surse radio distincte. Aceste corpuri cerești emiteau semnale radio puternice, dar erau altminteri invizibile. S-a pus imediat problema interpretării acestor obiecte. Ryle credea că erau un nou tip de stele din Calea Lactee, însă alții, între care Thomas Gold, partizanul stării staționare, susțineau că era vorba de galaxii independente. Gold dorise să se afle în fruntea grupului de radioastronomi de la Cambridge, dar Ryle izbutise să ocupe postul, așa încât disputa științifică era contaminată de o animozitate personală.

Ryle nu a luat în serios opinia lui Gold fiindcă acesta era un teoretician, și nu un astronom care efectua observații. Fără să-i pomenească numele, Ryle a respins în public ideile lui Gold la o întrunire de la University College, la Londra, în 1951: „Cred că teoreticienii au înțeles greșit datele experimentale." Cu alte cuvinte, teoreticienii habar n-au despre ce vorbesc. Hoyle era de față și a simțit din tonul vocii lui Ryle că teoreticienii sunt „o specie inferioară, detestabilă".

La întrebarea dacă aceste surse radio cerești erau stele sau galaxii răspunsul a venit în cursul anului următor. Grupul de la Cambridge a identificat poziția sursei radio numită Cygnus A cu o asemenea precizie încât Walter Baade de la Observatorul Mount Palomar și-a putut îndrepta telescopul de 200 de țoli către acea zonă în încercarea de a detecta un semnal optic. Baade nu credea până nu vedea: „Mi-am dat seama că se întâmpla ceva neobișnuit din clipa în care am examinat negativele. Toată placa era plină de galaxii, mai bine de două sute, iar în centru se afla cea mai strălucitoare. [...] Mintea mea era atât de copleșită, că în drum spre casă a trebuit să opresc mașina și să mă gândesc."

Baade demonstrase că sursa radio a lui Ryle se găsea exact în același loc cu o galaxie nevăzută până atunci. De aici a tras concluzia că nu o stea, ci galaxia era sursa undelor radio. Baade dovedise că Ryle se înșelase, iar Gold avusese dreptate. Odată stabilită legătura între una din sursele radio ale lui Ryle și o galaxie, astronomii puteau acum asocia sursele din 1C cu galaxii. Aceste galaxii care emit mai curând unde radio decât lumină au fost numite *radiogalaxii*.

Gold nu avea să uite momentul în care, la o conferință, Baade l-a anunțat că Cygnus A era o radiogalaxie:

> În anticamera vastă a sălii de conferințe lumea se plimba încoace și-ncolo, cum se întâmplă de obicei, iar Walter Baade era acolo. Mi-a zis: „Tommy! Ia vino aici! Hai să-ți arăt ceva!" [...] Pe urmă a intrat în încăpere Ryle. Baade a strigat: „Martin! Vino încoace! Hai să-ți arăt ce-am găsit!" Ryle s-a apropiat, s-a uitat la fotografii cu o figură gravă, n-a scos o vorbă, s-a trântit într-un fotoliu din apropiere — cu capul în pământ, îngropat între palme — și a început să plângă.

Ryle își pusese în joc reputația științifică afirmând că sursele radio din 1C erau stele, în timp ce criticii lui, mai cu seamă Hoyle și Gold, susținuseră fără încetare că erau radiogalaxii. Conflictul devenise acut, așa că Ryle a fost distrus când a trebuit să recunoască faptul că dreptatea era de partea lui Hoyle și a lui Gold.

Stânjenit și umilit, Ryle s-a gândit că s-ar putea răzbuna pe Hoyle și Gold dacă ar găsi noi dovezi împotriva stării staționare și în favoarea big bang-ului. El a încercat în primul rând să măsoare distribuția galaxiilor tinere. Semnificația acestei distribuții a fost menționată în legătură cu cel de-al patrulea criteriu din tabelul problemelor-cheie în confruntarea dintre starea staționară și big bang (tabelul 4, pp. 328–329) În esență, cele două modele preziceau două distribuții diferite pentru galaxiile tinere:

(1) *Modelul big bang* susținea că galaxiile tinere puteau exista doar în universul timpuriu, fiindcă ele trebuie să se fi maturizat pe măsură ce universul îmbătrânea. Și totuși, am putea vedea galaxii tinere, dar numai la mari distanțe, pentru că lumina a avut nevoie de miliarde de ani pentru a ajunge de la galaxiile îndepărtate la noi, prin urmare le vedem așa cum erau în universul timpuriu.

(2 *Modelul stării staționare* susținea că galaxiile tinere ar trebui să fie distribuite mult mai uniform. În universul stării staționare, galaxiile tinere s-ar naște continuu din materia creată pretutindeni în univers în spațiile dintre galaxiile care se îndepărtează. Prin urmare, ar trebui să vedem galaxii tinere și în vecinătatea noastră, și la mari distanțe.

Astronomii credeau că radiogalaxiile sunt mai tinere decât galaxiile medii. Deci, dacă modelul big bang era corect, radiogalaxiile ar trebui să se afle în genere departe de Calea Lactee. În schimb, dacă modelul

stării staționare era corect, ele ar trebui să se afle și în apropiere, și la mari distanțe. Prin urmare, măsurarea distribuției radiogalaxiilor era o cale de a tranșa disputa dintre modele.

Ryle s-a hotărât să aplice acest test critic, sperând în sinea lui că va infirma modelul stării staționare și va confirma big bang-ul. După studiul 1C, a continuat cu serii de observații și mai riguroase pe care, plin de imaginație, le-a botezat 2C, 3C și 4C. Între timp, a construit Observatorul Mullard, făcând din Cambridge un centru de renume internațional în radioastronomie. În comparație cu astronomia optică, radioastronomia e mai puțin sensibilă la condițiile meteorologice, fiindcă undele radio nu sunt obturate de nori. Radiotelescoapele de la Cambridge puteau deci concura cu cele din restul lumii, chiar și în timpul mizerabilelor ierni britanice.

În 1961, Ryle catalogase cinci mii de radiogalaxii și analizase distribuția lor. Nu a putut măsura exact distanța până la fiecare radiogalaxie, dar a folosit un raționament statistic sofisticat pentru a deduce dacă distribuția lor era compatibilă cu modelul big bang sau cu cel al stării staționare. Rezultatul era limpede: radiogalaxiile tindeau să fie mai frecvente la distanțe mari, exact cum prevedea modelul big bang. Ryle și-a verificat rezultatele cu cele ale unui grup de radioastronomi din Sydney, care efectuaseră observații asemănătoare în emisfera sudică. Au fost cu toții de acord că distribuția radiogalaxiilor privilegia modelul big bang.

Cu zece ani în urmă, Baade demonstrase că Ryle se înșelase, iar Hoyle și Gold aveau dreptate. În fine, Ryle își putea lua revanșa. A organizat la Londra o conferință de presă pentru a-și prezenta rezultatele și l-a invitat și pe Hoyle. Pentru a mări impactul anunțului, Ryle nu i-a comunicat înainte lui Hoyle ce avea de gând să spună. Astfel, conferința de presă s-a transformat într-un ritual al umilirii lui Hoyle, fiindcă el interpretase greșit invitația și se aștepta la un cu totul alt set de rezultate. Hoyle avea să-și amintească mai târziu: „În mod cert, dacă [rezultatele] erau defavorabile, nu putea să mi se joace o asemenea farsă. În mod cert, asta însemna că Ryle avea să anunțe rezultate conforme cu teoria stării staționare. [...] Stăteam acolo, abia mai puteam auzi ceva și îmi devenea din ce în ce mai limpede că, oricât ar părea de neverosimil, mi se jucase o farsă."

Rezultatele lui Ryle sprijineau clar modelul big bang care presupune un univers cu o istorie finită și un moment al creației. Peste

câteva ore, vânzătorii de ziare strigau în stradă: „Biblia a avut dreptate!“ Hoyle voia să se retragă şi să analizeze datele lui Ryle, în speranţa că va găsi o eroare gravă, dar nici publicul, nici presa nu i-au lăsat în pace pe el şi pe familia lui: „În săptămâna care a urmat, copiii mei au fost şicanaţi la şcoală pe tema asta. Telefonul suna întruna. Eu îl lăsam să sune, dar nevastă-mea, de teamă că se întâmplase ceva cu copiii, răspundea de fiecare dată şi încerca să evite orice discuţie.“

Gamow a fost încântat de vestea măsurătorilor lui Ryle şi a marcat momentul descoperirii favorabile big bang-ului printr-una din poezioarele lui suculente, prezentată în figura 95. Versurile surprind întreaga tensiune dintre Ryle şi Hoyle.

Echipa stării staţionare îşi pusese pielea la bătaie făcând predicţia fermă că universul trebuie să arate la fel pretutindeni, galaxiile tinere fiind distribuite deopotrivă în apropiere şi la mari distanţe. Dacă rezultatul lui Ryle ar fi venit în sprijinul acestei predicţii, Hoyle n-ar fi ezitat să-l aprobe, considerându-l o dovadă în favoarea modelului său. Hoyle ar fi trebuit să trateze cu acelaşi respect rezultatul lui Ryle, chiar dacă acesta contrazicea modelul stării staţionare, numai că el a încercat să găsească o eroare în observaţii, atât în privinţa modalităţii de colectare a datelor, cât şi în privinţa interpretării lor.

Hoyle a arătat că măsurătorile lui Ryle difereau semnificativ de la setul 2C la setul 3C şi de la 3C la 4C, sugerând că un al cincilea studiu ar putea conduce la rezultate diferite, în concordanţă cu modelul stării staţionare. Gold l-a susţinut pe Hoyle, numind modificarea constantă a rezultatelor „efectul Ryle“. Gold a spus de asemenea că radioastronomia era o disciplină nouă şi deocamdată nu se putea pune temei pe ea: „Nu cred că acest gen de observaţii pot da un asemenea verdict.“

Ryle a recunoscut că în trecut se strecuraseră erori, dar era convins că setul de observaţii 4C era demn de încredere şi a repetat că fusese confirmat independent de astronomii australieni. Apoi, cu un alt prilej, când Hermann Bondi a continuat asaltul stării staţionare asupra studiului 4C, Ryle a sfârşit prin a exploda. „Ryle şi-a ieşit din minţi şi am asistat la cea mai cumplită dezlănţuire în public a unor savanţi din cât mi-a fost dat să văd în treizeci de ani de carieră în astrofizică“, avea să spună Martin Harwit.

Deşi Hoyle, Gold şi Bondi au refuzat să accepte concluzia lui Ryle privind distribuţia radiogalaxiilor, tot mai mulţi cosmologi îşi dădeau seama că modelul big bang era în ascensiune, iar modelul stării

Figura 95 Această poezie a fost scrisă de Gamow şi a apărut în cartea sa *Domnul Tompkins în ţara minunilor*. Ea prezintă studiul lui Martin Ryle privind distribuţia radiogalaxiilor şi reacţia lui Fred Hoyle.

Starea staţionară a ajuns acum hilară

„Pe apa sâmbetei sunt duse"
Ryle atunci lui Hoyle îi spuse
„Toate studiile tale,
Fiindcă starea staţionară
A ajuns acum hilară.
Nu face două parale.

Eu, cu telescopul meu,
Îţi aduc un anunţ rău:
Modelul tău a sucombat.
Ţi-o spun, iartă-mă, scurt pe doi:
Universul în care trăim noi
E pe zi ce trece mai diluat!"

Îi spuse Hoyle: „Văd că citezi
Din Gamow şi Lemaître, dar ia vezi
Cu cine ai de-a face, domnul meu!
O bandă fără de umor,
Ei cu big bang-ul lor!
De ce-i încurajezi mereu?

Prietene, ascultă-mă atent,
N-are sfârşit, e evident,
Şi n-are, evident, nici început,
Bondi, Gold şi cu mine
Mereu aşa vom susţine
Până când părul ne va fi căzut!"

„Nici vorbă!" Ryle strigă
Cu voce tare aprigă
Încercând să i se-opună;
„Galaxiile de la mare distanţă
Sunt, aşa cum se vede cu siguranţă,
Mai strâns îngrămădite împreună!"

„M-ai distrus!"
Zise Hoyle sărind în sus
Şi revizuindu-şi modelul de zor.
„Materie nouă e-adusă la viaţă
În fiecare noapte şi-n fiecare
dimineaţă.
Iar întreg tabloul e neschimbător!"
„Hoyle, las-o baltă-ţi spun!

Chiar azi am chef să te răpun!"
(Distracţia abia-ncepea)
„Uite, numai peste-o clipă"
Zise iarăşi Ryle în pripă
„Te aduc la vorba mea!"

staționare în declin. În plus, măsurătorile lui Ryle erau pe punctul de a da o nouă lovitură stării staționare.

În 1963, astronomul americano-olandez Maarten Schmidt studia sursa radio numărul 273 din catalogul 3C al lui Ryle, cunoscută sub indicativul 3C 273. La vremea aceea, se credea că majoritatea surselor radio sunt galaxii îndepărtate, dar semnalul radio provenind de la 3C 273 era atât de puternic încât s-a bănuit că obiectul era un nou tip de stea din apropierea Căii Lactee. Mai mult, 3C 273 putea fi văzut cu telescoapele optice ca un punct luminos și nu ca o pată, ceea ce întărea ideea că e mai curând o stea decât o galaxie. Schmidt a încercat să măsoare lungimile de undă ale luminii emise de 3C 273 pentru a-i deduce compoziția, dar în primul moment a fost derutat de faptul că lungimile de undă nu concordau cu cele emise de atomii cunoscuți.

Brusc a înțeles de unde provenea nepotrivirea. El detectase într-adevăr bine cunoscutele lungimi de undă asociate hidrogenului, numai că acestea fuseseră deplasate spre roșu într-o măsură nemaiîntâlnită până atunci. Era un lucru uimitor, din moment ce 3C 273 se bănuia a fi o stea locală, iar stelele locale se deplasează cu mai puțin de 50 km/s, viteză mult prea mică pentru a explica deplasarea spre roșu observată de Schmidt. De fapt, măsurătorile deplasării spre roșu arătau că 3C 273 se îndepărta cu 48 000 km/s, aproximativ 16% din viteza luminii. Conform legii lui Hubble, de aici rezulta că 3C 273 era cel mai îndepărtat obiect detectat vreodată, aflat la mai bine de un miliard de ani-lumină de Calea Lactee. 3C 273 nu era o stea de strălucire medie din vecinătate, ci o galaxie îndepărtată fantastic de strălucitoare, de sute de ori mai strălucitoare decât cele mai strălucitoare galaxii cunoscute până atunci. Strălucirea ei însă apărea mai mult sub forma undelor radio decât ca lumină vizibilă.

3C 273 a devenit cunoscut sub numele de obiect radio cvasi-stelar (*quasi-stellar radio object*) — sau cuasar — fiindcă era o radiogalaxie care, datorită strălucirii și distanței mari la care se află, apare ca o stea locală. În scurt timp, alte surse radio au fost identificate drept galaxii cuasar excepțional de strălucitoare și de îndepărtate. Nu e de mirare că Gamow a sărbătorit descoperirea cuasarilor cu încă o poezie, subliniind de data asta faptul că astronomii nu-și puteau închipui care era sursa energetică a acestor galaxii cuasar:

Clipeşti, cvasi-stea, fără-ncetare,
Taină cerească din depărtare.
Nu semeni cu alte stele surori,
Lucirea-ţi întrece miliarde de sori.
Clipeşti, cvasi-stea, fără-ncetare,
Mă tot întreb ce-oi fi tu oare!

Alt mister al cuasarilor — cu mari implicaţii în disputa dintre big bang şi starea staţionară — se referea la distribuţia lor. Fiecare cuasar părea că se află în adâncurile cosmosului. Partizanii big bang-ului nu aveau nici o îndoială în legătură cu semnificaţia acestui fapt. Dacă cuasarii pot fi detectaţi doar la mare distanţă, afirmau ei, atunci luminii i-au trebuit miliarde de ani pentru a ajunge la noi, deci noi îi vedem aşa cum arătau cu miliarde de ani în urmă — de unde rezultă că ei au existat doar într-o epocă timpurie a universului. Condiţiile mai fierbinţi şi mai dense din universul timpuriu au putut conduce la apariţia acestor cuasari strălucitori. Conform modelului big bang, e posibil să fi existat odinioară cuasari în apropierea noastră, dar cu timpul ei să fi evoluat, devenind galaxii. Acesta e motivul pentru care nu vedem azi cuasari în apropierea noastră.

Pentru Hoyle, Gold şi Bondi însă, distribuţia cuasarilor punea grave probleme, fiindcă modelul stării staţionare pretindea că universul e acelaşi mereu şi pretutindeni. Dacă au existat cuasari în trecutul îndepărtat, ar trebui să existe cuasari şi acum, lângă noi, ceea ce nu părea să fie cazul. Partizanii stării staţionare au încercat să răspundă că de fapt cuasarii erau obiecte rare, aşa încât faptul că ei nu apar în vecinătatea noastră se datora pur şi simplu şansei. De asemenea, nimeni nu putea explica natura cuasarilor şi sursa de energie din spatele formidabilei lor străluciri. Prin urmare, Hoyle, Gold şi Bondi susţineau că modelul stării staţionare nu poate fi demontat de fenomene atât de puţin înţelese.

Acestea erau scuze neconvingătoare. Modelul stării staţionare începea să-şi piardă credibilitatea, iar tot mai mulţi cosmologi se îndreptau spre tabăra big bang-ului. Dennis Sciama, unul dintre cei care şi-au schimbat atitudinea, spunea că observaţiile legate de cuasari au fost „dovada cea mai grăitoare obţinută până acum împotriva modelului stării staţionare". Această răsturnare spectaculoasă pare să fi fost pentru el o experienţă traumatică: „Pierderea teoriei stării staţionare mi-a

provocat o mare tristețe. Teoria stării staționare are o frumusețe desăvârșită pe care, dintr-un motiv de neînțeles, arhitectul universului pare s-o fi ignorat. Universul este în realitate opera unui cârpaci, iar noi va trebui să scoatem din el tot ce-i mai bun."

Radioastronomia deschidea o nouă fereastră asupra universului, dezvăluind obiecte până atunci necunoscute și oferind probe esențiale în controversa dintre big bang și starea staționară. Din nefericire însă, lui Karl Jansky, părintele radioastronomiei, nu i-a fost recunoscut pe timpul vieții meritul de a fi inventat radiotelescopul și de a fi făcut primele observații radio asupra cerului. A murit în 1950, la doar patruzeci și patru de ani. Un deceniu mai târziu, radioastronomia devenea o disciplină de prim rang în cadrul astronomiei.

Și totuși, Karl Jansky nu avea să fie uitat. În 1973, Uniunea Astronomică Internațională i-a recunoscut contribuția dând numele său unității de flux radio. Această unitate, *jansky*-ul, e folosită de radioastronomi pentru a indica intensitatea oricărei surse radio. Un cuasar puternic măsoară 100 de jansky, în timp ce un obiect radio slab poate ajunge la doar câțiva milijansky.

Laboratoarele Bell, care au susținut financiar activitatea radioastronomică a lui Jansky, l-au omagiat la rândul lor înființând un program de cercetare în domeniu. În particular, Laboratoarele Bell au găzduit cel mai faimos cuplu din istoria radioastronomiei: un refugiat evreu ambițios care vorbea fără înconjur și un savant tăcut și studios venit din Texas. Împreună, aveau să facă o descoperire care va zgudui din temelii întreaga cosmologie.

Descoperirea lui Penzias și Wilson

Arno Penzias s-a născut la München, într-o familie evreiască, pe 26 aprilie 1933, ziua înființării Gestapoului. A avut prima dată de-a face cu antisemitismul la vârsta de patru ani, în timp ce călătorea cu tramvaiul împreună cu mama lui:

> Când ești fiul cel mare și adorat, simți nevoia să te afli mereu în centrul atenției. Am spus ceva care a dat de înțeles celor din jur că eram evreu, iar asta a făcut ca atmosfera din tramvai să se schimbe brusc și am fost obligați să coborâm și să așteptăm următorul tramvai. Am învățat

de aici că trebuia să nu pomenesc în public că sunt evreu și că, dacă aș fi făcut-o, mi-aș fi pus în pericol familia. A fost pentru mine un mare șoc.

Deși născut în Germania, tatăl lui Penzias era cetățean polonez, ceea ce punea familia într-o situație foarte delicată. Autoritățile germane dăduseră ordin să fie arestați polonezii care refuzau să părăsească țara, dar guvernul polonez anulase la 1 noiembrie 1938 pașapoartele evreilor, astfel încât familia Penzias nu se putea duce nicăieri. Păreau să n-aibă nici o șansă de a scăpa de persecuția nazistă. Totuși, în America a început o campanie care îi îndemna pe cetățeni să salveze familiile evreiești pretinzând că sunt rudele lor, un gest pur umanitar prin care aceste familii să obțină permisiunea de a părăsi Germania. Când mai rămăsese doar o lună până la termenul limită, familia Penzias a fost înștiințată că un american era gata să le plătească viza de ieșire din țară, iar în primăvara lui 1939 au plecat în Anglia. De aici s-au îmbarcat pe un vapor spre New York și au început o viață nouă în Bronx.

La München, tatăl lui Arno avusese o tăbăcărie, dar acum a trebuit să se angajeze ca portar într-un bloc, întreținând focul în centrala termică și golind pubelele. Arno vedea cum se chinuia tatăl lui pentru pâinea de zi cu zi, iar în același timp observa că „aceia care mergeau la colegiu erau mai bine îmbrăcați și păreau să mănânce regulat". Dorind să se bucure și el de același confort și de aceeași siguranță, a învățat pe brânci și a izbutit să obțină o bursă la colegiu.

Penzias era pasionat de fizică, dar se temea că din fizică nu se poate trăi, așa încât l-a întrebat pe tatăl lui ce cale să urmeze: „Mi-a zis că fizicienii cred că pot face tot ce fac și inginerii, iar dacă așa stau lucrurile, atunci înseamnă că pot duce o viață cel puțin la fel de bună ca inginerii. Pe vremea aceea, studenții de la fizică erau băieții ciudați și isteți care nu-și găseau nicăieri locul. Fizica părea să-i atragă din motive estetice."

După ce a absolvit City College din New York, Arno Penzias și-a început doctoratul în radioastronomie la departamentul de fizică al Universității Columbia, care obținuse deja în 1956 trei premii Nobel. Conducătorul de doctorat al lui Penzias era Charles Townes, cel care avea să devină al patrulea laureat Nobel în fizică de la Columbia, inventatorul maserului — echivalentul laserului din domeniul microundelor. Proiectul tezei de doctorat a lui Penzias presupunea construirea unui

receptor radio ultrasensibil care folosea maserul lui Townes drept componentă esențială.

Deși funcționa foarte bine, receptorul radio nu i-a permis lui Penzias să-și atingă scopul principal — detectarea undelor radio emise de norii de hidrogen care se presupunea că se află în spațiul dintre galaxii. Penzias a spus că teza lui de doctorat era „oribilă", dar ea ar putea fi caracterizată mai curând drept neconcludentă. Oricum, în 1961 a obținut titlul de doctor și a părăsit Universitatea Columbia pentru a ocupa un post de cercetător la Bell, singurul laborator industrial care ar fi angajat un tânăr radioastronom.

În afara cercetărilor sale, Penzias trebuia să participe și la proiecte cu caracter comercial. De pildă, Laboratoarele Bell proiectaseră Telstar, primul satelit pentru comunicații, iar după lansarea lui apăruseră probleme legate de orientarea antenei către satelit. Tânărul Penzias se afla în fața unui comitet numeros explicând cum ar putea folosi poziția cunoscută a unei radiogalaxii pentru a calibra direcția antenei și a-l găsi pe Telstar. Era sinteza perfectă între cercetarea pură și cea comercială. Soluția lui Penzias explică foarte bine de ce Laboratoarele Bell țineau să angajeze, pe lângă ingineri și specialiști în cercetarea aplicată, oameni de știință orientați spre cercetarea pură.

Vreme de doi ani, Penzias a fost singurul radioastronom de la Bell, dar în 1963 i s-a alăturat Robert Wilson. Tânărul texan se pasionase de știință pe când îșI însoțea tatăl, inginer chimist, pe câmpurile petrolifere din regiune. A studiat fizica la Universitatea Rice din Houston, iar în 1957, după absolvire, s-a dus la Caltech pentru doctorat. Acolo a urmat un curs de cosmologie predat de Fred Hoyle, care venea regulat în California după ce colaborase în 1953 cu Willy Fowler. La fel ca Penzias, Wilson și-a susținut doctoratul în radioastronomie, iar apoi a părăsit mediul universitar pentru Laboratoarele Bell.

Între altele, ce l-a atras pe Wilson către Bell era antena radio de 6 metri de lângă Crawford Hill (vezi figura 96), proiectată să detecteze semnalele de la satelitul-balon Echo lansat în 1960. La lansarea pe orbită, Echo fusese comprimat într-o sferă de 66 de centimetri, dar odată ajuns în spațiu s-a umflat, devenind un uriaș glob argintiu cu diametrul de 30 de metri care putea reflecta semnale între un transmițător și un receptor de la sol. Intervenția guvernului în acest sector al industriei comunicațiilor a făcut ca AT&T să se retragă din proiectul Echo din rațiuni economice, astfel încât antena putea fi transformată într-un

radiotelescop. Ea era bine ecranată împotriva interferențelor radio, iar grație dimensiunilor putea localiza cu mare precizie sursa semnalelor radio, ceea ce o făcea să fie ideală pentru radioastronomie.

Penzias și Wilson au primit permisiunea din partea Laboratoarelor Bell să petreacă o parte din timpul lor scrutând cerul pentru a studia diferite surse radio, dar, dacă voiau să efectueze observații serioase, trebuiau mai întâi să cunoască radiotelescopul în cele mai mici detalii. În particular, ei voiau să verifice că acesta detecta un nivel minim de „zgomot" — termen tehnic ce desemnează orice interferență întâmplătoare care s-ar putea suprapune peste un semnal autentic.

Este exact același zgomot pe care îl auziți când reglați aparatul de radio pentru a prinde un anumit post. Semnalul postului poate fi însoțit de un fâșâit parazit care e zgomotul. Există întotdeauna o competiție între semnal și zgomot, iar în mod ideal semnalul ar trebui să fie mult mai puternic decât zgomotul. Așa se întâmplă de regulă când radioul e acordat pe frecvența unui post din apropiere — putem auzi limpede emisiunile, iar zgomotul e neînsemnat. Dacă însă vrem să prindem un post străin, semnalul e mai slab și nivelul zgomotului are un impact mai mare asupra clarității recepției. În cazul cel mai rău, semnalul radio e complet înghițit de zgomot și nu poți auzi nimic.

În radioastronomie, semnalele provenind de la galaxii îndepărtate sunt foarte slabe, iar problema zgomotului e esențială. Pentru a verifica nivelul zgomotului, Penzias și Wilson și-au îndreptat radiotelescopul către o zonă a cerului unde nu se află radiogalaxii, o regiune unde nu ar trebui să fie practic nici un fel de semnale radio provenind din spațiu. Prin urmare, tot ce e detectat poate fi atribuit zgomotului. Ei se așteptau ca zgomotele să fie neglijabile și au fost surprinși să descopere că exista un zgomot supărător. Totuși, nivelul zgomotului nu era atât de înalt încât să afecteze grav măsurătorile pe care voiau să le facă. Într-adevăr, majoritatea radioastronomilor ar fi ignorat problema și ar fi început observațiile. Penzias și Wilson însă erau hotărâți să facă cele mai fine observații cu putință, așa că au încercat să localizeze sursa sunetului și eventual să-l reducă sau să-l elimine complet.

În linii mari, sursele de zgomot pot fi împărțite în două categorii. În primul rând există un zgomot extern, provocat de ceva din afara radiotelescopului, de pildă un oraș aflat la mare distanță sau o instalație electrică din apropiere. Penzias și Wilson au cercetat împrejurimile căutând surse-parazit, ba chiar au îndreptat telescopul spre New York, dar zgomotul nici nu creștea, nici nu scădea. Au înregistrat

Figura 96 Robert Wilson (stânga) și Arno Penzias (dreapta) în fața antenei de la Crawford Hill, New Jersey. Acest radiotelescop este în esență un uriaș receptor radio. Apertura sa are 6 metri pătrați, iar echipamentul de observare se află într-o cabină din vârful conului.

de asemenea evoluția în timp a nivelului zgomotului, dar rezultatul a fost același. Pe scurt, zgomotul era perfect constant, indiferent de momentul observației și de direcția în care era îndreptat telescopul.

Aceasta i-a obligat pe cei doi să ia în considerare a doua categorie de zgomote, cele inerente echipamentului. Radiotelescopul are numeroase componente, fiecare putând genera propriul ei zgomot. Exact aceeași problemă poate apărea la un radio obișnuit: chiar dacă semnalul postului e puternic, el poate fi degradat de zgomotul generat de amplificator, difuzor sau cablaj. Penzias și Wilson au verificat fiecare element al radiotelescopului, căutând contacte și cablaje proaste, defecte electronice, alinieri greșite în receptor etc. Fiecare cablu verificat, deși părea să nu ridice probleme, era ecranat pentru orice eventualitate cu o bandă de aluminiu.

Atenția lor s-a concentrat la un moment dat asupra unei perechi de porumbei care își făcuseră cuibul în conul antenei. Penzias și Wilson s-au gândit că „materialul dielectric alb" lăsat de porumbei ar putea fi cauza zgomotului. Așa că au prins păsările și le-au trimis într-o furgonetă poștală la 50 de kilometri de Laboratoarele Bell, în Whippanny, New Jersey. Au curățat antena până când au făcut-o să strălucească, dar din păcate porumbeii și-au urmat instinctul, s-au întors în conul antenei și au început iar să lase material dielectric alb. Penzias a prins din nou porumbeii, dar de data asta s-a hotărât să scape de ei pentru totdeauna: „A venit cineva care voia să le sucească gâtul, dar mi-am zis că soluția cea mai umană era să deschid colivia și să-i împușc."

După un an de verificări, curățiri și refacere a cablajelor, nivelul zgomotului s-a redus. Penzias și Wilson puteau să atribuie zgomotul rămas efectelor atmosferice și pereților conului, dar au trebuit să accepte că aceste surse de zgomot erau pur și simplu inevitabile. Și totuși, asta nu explica în întregime zgomotul detectat. Au cheltuit mult timp, efort și bani ca să înțeleagă zgomotul radiotelescopului și să-l reducă la minimum, însă persista un element de zgomot misterios și neîntrerupt: ceva, undeva, cumva emitea unde radio tot timpul și în toate direcțiile.

Ceea ce nu pricepuseră cei doi radioastronomi nemulțumiți era că dăduseră peste una dintre cele mai mari descoperiri din istora cosmologiei. Ignorau cu desăvârșire faptul că zgomotul omniprezent era o relicvă a big bang-ului, un „ecou" venind din faza timpurie de expansiune a universului. Acest supărător „zgomot" se va dovedi una dintre cele mai convingătoare dovezi că modelul big bang era corect.

Dacă vă aduceți aminte, Gamow, Alpher și Herman calculaseră că universul a suferit o tranziție la aproximativ 300 000 de ani după big bang. Pe atunci, temperatura universului a scăzut la aproximativ 3 000° C, suficient pentru ca electronii care pluteau până atunci liber să se atașeze de nuclee și să formeze atomi stabili. Oceanul de lumină care umplea universul nu mai putea interacționa nici cu electronii încărcați negativ, nici cu nucleele încărcate pozitiv, pentru că acum electronii și nucleele se legaseră pentru a alcătui atomi neutri. Din acest moment în istoria universului, cunoscut sub numele de recombinare, lumina primordială a putut străbate universului fără a suferi schimbări — cu excepția uneia remarcabile.

Gamow, Alpher și Herman afirmaseră că, pe măsură ce universul se extindea, odată cu dilatarea spațiului s-a dilatat și lungimea de undă a luminii primordiale. Lumina a avut o lungime de undă de ordinul unei miimi de milimetru când a apărut din ceața cosmică, pe când universul era în vârstă de 300 000 de ani, dar, conform modelului big bang, între timp universul s-a dilatat cu un factor de aproximativ o mie. Prin urmare, acea lumină ar trebui să aibă acum o lungime de undă de aproximativ un milimetru, ceea ce ar plasa-o în regiunea radio a spectrului electromagnetic.

Ecoul big bang-ului se transformase în unde radio și a fost detectat ca zgomot de radiotelescopul lui Penzias și Wilson. Aceste unde aparțin subcategoriei microundelor din spectrul radio, motiv pentru care ecoul big bang-ului e cunoscut sub numele de radiație cosmică de fond de microunde (CFM). Existența sau inexistența radiației CFM era esențială în disputa dintre big bang și starea staționară și apare ca al cincilea criteriu în tabelul 4, pp. 328–329.

Deși existența radiației CFM fusese prezisă încă din anii '40, în anii '60 comunitatea științifică uitase de ea. Din cauza asta Penzias și Wilson nu au putut face legătura între zgomotul radio pe care-l detectaseră și big bang. Dar, spre cinstea lor, au refuzat să ignore misteriosul zgomot radio și au rămas nedumeriți. Au continuat să discute între ei și cu colegii lor despre această problemă.

Spre sfârșitul lui 1964, Penzias a participat la o conferință de astronomie la Montréal, unde i-a pomenit în treacăt lui Bernard Burke de la Institutul Tehnologic din Massachusetts despre problema zgomotului. Câteva luni mai târziu, Burke l-a sunat entuziasmat. Primise prima versiune a unui articol în care erau prezentate cercetările

cosmologilor Robert Dicke și James Peebles de la Princeton. Articolul arăta că echipa de la Princeton studiase modelul big bang și înțelesese că trebuia să existe o radiație CFM omniprezentă, care în zilele noastre ar lua forma unui semnal radio cu o lungime de undă de ordinul milimetrului. Dicke și Peebles nu știau că păşeau pe urmele vechi de cincisprezece ani ale lui Gamow, Alpher și Herman. Independent și tardiv, postulau din nou existența radiației CFM. Lui Dicke și Peebles nici nu le trecea prin minte că Penzias și Wilson detectaseră radiația CFM la Laboratoarele Bell.

Pe scurt, Gamow, Alpher și Herman preziseseră radiația CFM în 1948. Peste un deceniu însă, toată lumea uitase de această predicție. Apoi, în 1964, Penzias și Wilson au descoperit radiația CFM, dar nu și-au dat seama. Cam în același timp, Dicke și Peebles au prezis radiația CFM, fără să știe că predicția fusese deja făcută în 1948. În fine, Burke i-a vorbit lui Penzias despre predicția făcută de Dicke și Peebles.

Brusc, totul s-a lămurit pentru Penzias. A înțeles până la urmă care era sursa zgomotului detectat de radiotelescop și și-a dat seama de importanța lui. Misterul zgomotului omniprezent fusese dezlegat. Nu avea de-a face nici cu porumbeii, nici cu cablajele, nici cu New York-ul, ci cu creația universului.

Penzias l-a sunat pe Dicke și i-a spus că detectase radiația CFM prezentată în lucrarea de la Princeton. Dicke era uluit mai ales din cauza momentului în care venise telefonul lui Penzias: îl întrerupsese dintr-o întâlnire în care era vorba de construirea unui detector pentru radiația CFM la Princeton, fiindcă Dicke și Peebles voiau să-și testeze predicția. Acum, un asemenea detector devenise inutil, odată ce Penzias și Wilson confirmaseră deja predicția. Dicke a pus receptorul în furcă, s-a întors spre colegii lui și le-a spus: „Băieți, ne-au luat-o înainte!" Fără să piardă vremea, Dicke și echipa lui i-au vizitat a doua zi pe Penzias și Wilson. Examinarea radiotelescopului și a datelor a confirmat verdictul. Competiția pentru descoperirea radiației CFM se încheiase, iar echipa Laboratoarelor Bell îi învinsese pe rivalii de la Princeton fără să-și fi dat seama.

În vara lui 1965, Penzias și Wilson și-au publicat rezultatul în *Astrophysical Journal*. Articolul lor modest de 600 de cuvinte anunța exact ce detectaseră ei, fără nici o interpretare personală. În schimb, Dicke și echipa sa, care au publicat un articol geamăn în aceeași revistă, au făcut legătura între observațiile lui Penzias și Wilson și radiația CFM. Ei au explicat că cei de la Laboratoarele Bell desco-

periseră ecoul prezis al big bang-ului. Era o frumoasă completare. Echipa lui Dicke avea o teorie, dar nu avea date de observație, în timp ce Penzias și Wilson aveau date de observație, dar nu aveau o teorie. Alăturarea cercetărilor de la Princeton și de la Bell a transformat o problemă iritantă într-un uriaș triumf.

Modelul big bang prezicea existența unei radiații CFM și lungimea de undă pe care ar trebui s-o aibă în prezent. Dimpotrivă, modelul stării staționare nu pomenea de nici o radiație CFM și nu putea concepe un scenariu în care universul să fie umplut cu microunde. Prin urmare, descoperirea radiației CFM părea dovada decisivă că universul luase naștere cu miliarde de ani în urmă dintr-o atotputernică mare explozie.

Descoperirea radiației CFM invalidase deci modelul stării staționare. Bucuria lui Wilson de a fi stabilit existența radiației CFM și validitatea teoriei big bang era umbrită de tristețe, fiindcă păstrase întotdeauna o afecțiune pentru modelul stării staționare: „Am învățat cosmologie de la Hoyle și mi-a plăcut foarte mult universul stării staționare. Filozofic vorbind, îmi place în continuare."

Tristețea lui a fost fără îndoială atenuată de aplauzele primite. Astronomul Robert Jastrow de la NASA a spus că Penzias și Wilson făcuseră „una dintre cele mai mari descoperiri din istoria de cinci secole a astronomiei moderne". Edward Purcell, fizician la Harvard, a mers și mai departe: „S-ar putea să fie lucrul cel mai important pe care l-a văzut cineva vreodată."

Dar toate acestea au fost rezultatul unei șanse formidabile. Penzias și Wilson au fost binecuvântați cu serendipitate. Obiectivul lor inițial fusese să efectueze observații radioastronomice standard, dar a condus la o descoperire epocală. Cu trei decenii în urmă, Karl Jansky făcuse o descoperire norocoasă în cadrul Laboratoarelor Bell și astfel inventase radioastronomia. Acum, serendipitatea lovise din nou în aceeași disciplină și în același institut științific. De data asta, descoperirea era și mai importantă.

Radiația CFM aștepta să fie descoperită de oricine s-ar fi întâmplat să-și îndrepte spre cosmos o antenă radio suficient de sensibilă, iar norocul i-a ales pe Penzias și Wilson. Natura întâmplătoare a descoperirii lor nu e însă un motiv de rușine, fiindcă asemenea înfăptuiri cer nu doar noroc, ci și experiență, cunoștințe, intuiție și tenacitate. Există dovezi convingătoare că francezul La Roux, în 1955, și ucraineanul Tigran Șmaonov, în 1957, au detectat separat radiația CFM

în cursul observațiilor radioastronomice, dar amândoi au considerat zgomotul ca pe un defect minor al instrumentelor și nu au mers mai departe. Le-au lipsit hotărârea, încăpățânarea și rigoarea de care au dat dovadă Penzias și Wilson.

Încă înainte de publicarea articolului, vestea descoperirii lui Penzias și Wilson s-a răspândit printre cosmologi. Știrea a ajuns la cunoștința publicului larg pe 21 mai 1965 grație unui articol de pe pagina întâi din *New York Times* care purta titlul SEMNALE ÎNSEAMNĂ UNIVERS „BIG BANG". Pe cititori i-a fascinat descoperirea fiindcă avea o semnificație cosmică, dar și un anume farmec cotidian. Iată ce spunea Penzias:

> Când ieși seara la plimbare și îți scoți pălăria, primești drept în creștetul capului o fărâmă din căldura big bang-ului. Dacă ai un aparat de radio foarte bun și te afli între posturi, auzi acel fâșâit. Cunoașteți fără îndoială sunetul ăsta. Are ceva liniștitor. Uneori seamănă cu zgomotul valurilor. Cam jumătate de procent din sunetul pe care îl auziți ajunge la noi după miliarde și miliarde de ani.

Articolul din *New York Times* era o confirmare publică a modelului big bang. Einstein, Friedmann și Hubble, care își aduseseră fiecare contribuția lui, nu mai erau în viață pentru a-l vedea triumfând. Singurul dintre părinții fondatori care supraviețuise pentru a fi martor la încheierea celei mai mari controverse cosmologice era Georges Lemaître, cel care pusese bazele teoretice ale big bang-ului. Se afla în convalescență la spitalul Universității din Louvain după un atac de cord când a aflat că radiația CFM fusese detectată. Avea să moară un an mai târziu, la șaptezeci și unu de ani, după o viață de preot credincios și de cosmolog pasionat.

Când vestea descoperirii radiației CFM a ajuns la Gamow, Alpher și Herman, bucuria lor s-a amestecat cu amărăciune. Ei preziseseră acest ecou al big bang-ului cu mult înaintea lui Dicke și Peebles, dar efortul lor de pionierat nu a fost recunoscut. Nu au fost pomeniți în cele două lucrări din *Astrophysical Journal*; numele lor n-au apărut nici în articolul ulterior de sinteză al lui Dicke din *Scientific American*. Într-adevăr, în vuietul iscat de descoperirea lui Penzias și Wilson, aproape nici un articol de specialitate sau de popularizare nu i-a menționat pe Gamow, Alpher și Herman.

Dicke și Peebles erau în schimb teoreticienii asociați cu predicția radiației CFM. Amândoi erau fără îndoială cosmologi străluciți, dar

ei nu făcuseră decât să parcurgă din nou drumul trasat deja în 1948. Cosmologia era acum dominată de noua generație de fizicieni care pur și simplu nu cunoșteau lucrările lui Gamow, Alpher și Herman.

Gamow a încercat de câte ori a fost cu putință să stabilească prioritatea echipei sale în prezicerea ecoului big bang-ului. De pildă, când s-a discutat despre radiația CFM la o conferință de astrofizică în Texas, Gamow a fost întrebat dacă radiația recent descoperită era într-adevăr fenomenul pe care el, Alpher și Herman îl preziseseră. Gamow s-a urcat pe podium și a spus: „Am pierdut o monedă de cinci cenți pe-aici pe undeva, iar acum moneda a fost găsită cam în locul unde am pierdut-o. Știu că toate monedele de cinci cenți arată cam la fel, totuși cred că e chiar moneda mea."

Când Penzias a aflat în cele din urmă despre predicția din 1948 privind radiația CFM, i-a trimis lui Gamow o scrisoare conciliantă în care îi cerea informații suplimentare. Gamow i-a oferit o prezentare detaliată a cercetărilor sale mai vechi, însoțită de cuvintele: „Vedeți deci că lumea n-a început cu atotputernicul Dicke."

Ralph Alpher a fost și mai indignat, fiindcă el fusese principalul autor al studiului care prezicea radiația CFM, dar se bucurase de mai puțină recunoaștere decât Gamow. Pe atunci era tânăr și se aflase deseori în umbra lui Gamow. În plus, gluma legată de cei trei autori, Alpher, Bethe, Gamow (Alfa-Beta-Gama), ai articolului privind nucleosinteza îi minimaliza și mai mult contribuția.

Când a fost întrebat de un ziarist dacă se simțea jignit pentru că Penzias și Wilson nu-i recunoscuseră contribuția, a reacționat spontan: „Dacă am fost rănit? Sigur că da! Cum naiba își închipuiau ei că mă simțeam? M-a jignit faptul că nici măcar nu ne-au invitat să vedem nenorocitul ăla de radiotelescop. E stupid că m-am supărat, dar asta e!"

În *Geneza big bang-ului*, o relatare a muncii lor de cercetare, Alpher și Herman sunt mai ponderați:

> Faci știință din două motive: emoția de a înțelege sau măsura ceva pentru prima oară și, odată ce-ai izbutit, măcar recunoașterea, dacă nu confirmarea, confraților. Unii colegi cred că doar progresul științei contează și că e prea puțin important cine ce face. Și totuși, nu ne putem împiedica să observăm că aceiași colegi se bucură când primesc recunoaștere pentru munca lor și acceptă imediat cu plăcere o consacrare cum ar fi alegerea în academii științifice prestigioase.

Recunoașterea de care s-au bucurat Penzias și Wilson a culminat în 1978, la un deceniu după descoperirea lor, cu acordarea premiului Nobel pentru fizică. În anii scurși între timp, astronomii îmbunătățiseră măsurătorile radiației CFM și verificaseră că toate caracteristicile sale se potriveau cu cele prezise de modelul big bang. Radiația CFM și modelul big bang triumfaseră.

Penzias a folosit prilejul ceremoniei de decernare a premiului pentru a le mulțumi părinților care îl salvaseră de regimul nazist și îl aduseseră la New York:

> Mi-am dorit, dacă mă pot exprima așa, un costum evreiesc făcut în cartierul croitorilor. Mama a lucrat acolo, iar o întreagă generație de imigranți evrei a lucrat acolo pentru ca generația următoare să poată studia în universități. N-am vrut să-mi cumpăr un costum de la Princeton sau de la vreun magazin elegant din New York, unde cel care ți-l vinde te face să te rușinezi de hainele cu care ai intrat în magazin. Nu am vrut un costum oarecare, ci unul care să mă reprezinte.

S-a folosit de prilejul ceremoniei și pentru a recunoaște și omagia contribuțiile lui Gamow, Alpher și Herman. Penzias a prezentat dezvoltarea și testarea modelului big bang pornind de la o discuție amplă pe care o avusese cu câteva săptămâni în urmă cu Alpher. În fine, Alpher ajunsese să se împace cu comunitatea științifică.

O lună mai târziu, Alpher a suferit un atac de cord. Fusese poate copleșit de tensiunea luptei pentru recunoaștere. Poate că dezamăgirea de a nu împărți premiul Nobel fusese prea greu de îndurat. Treptat, Alpher și-a revenit, dar starea sănătății lui a rămas precară.

Încreținea necesară

Premiul Nobel acordat lui Penzias și Wilson a marcat momentul în care big bang-ul a intrat în curentul principal din știință. În scurt timp, modelul creației cosmice și-a găsit recunoașterea chiar și la Muzeul Național Smithsonian. Nu a fost ușor să construiești un exponat care să reprezinte teoria și observațiile pe care se întemeiază modelul big bang, dar curatorii au dovedit multă imaginație. Ei au ales să expună sticla de Cointreau cu care Gamow și Alpher sărbătoriseră succesul explicării nucleosintezei (vezi figura 83, p. 299). Ar fi vrut să instaleze

şi radiotelescopul de şase metri de la Laboratoarele Bell folosit pentru detectarea radiaţiei CFM, dar n-a fost cu putinţă. În schimb, au expus capcana pentru porumbei folosită de Penzias şi Wilson în cursul încercărilor de reducere a zgomotului, prezentată în figura 97.

Prin detectarea radiaţiei CFM, cosmologii şi-au redobândit încrederea. Nu numai că radiaţia exista, dar avea şi lungimea de undă aşteptată. În afară de validarea în linii mari a modelului big bang, aceasta făcea ca acum cosmologii să afle câte ceva despre felul în care evoluaseră temperatura şi densitatea universului în fazele sale timpurii.

Pentru majoritatea cercetătorilor, radiaţia CFM era o probă decisivă în favoarea unui moment al creaţiei şi a unui univers în evoluţie, în opoziţie cu un univers etern şi esenţialmente staţionar. Cu fiecare an care trecea, tot mai mulţi savanţi părăseau modelul stării staţionare pentru modelul big bang. S-au făcut sondaje de opinie printre astronomii americani în 1959, în toiul controversei dintre modele, iar apoi în 1980, după ce Penzias şi Wilson au primit premiul Nobel. În 1959, 33 % dintre astronomi susţineau big bang-ul, 24 % starea staţionară şi 43 % erau nehotărâţi. În 1980, 69 % susţineau big bang-ul, doar 2 % susţineau starea staţionară şi 29 % erau nehotărâţi.

Unul dintre dezertori a fost însuşi Hermann Bondi, cel care spusese odinioară: „Dacă a existat vreo explozie, arătaţi-mi o relicvă a ei." Acum a trebuit să accepte că radiaţia CFM era relicva perfectă şi a renunţat să creadă în modelul la a cărui creare participase. Thomas Gold însă a rămas pe poziţii: „Nu găsesc nimic în neregulă la teoria stării staţionare. Nu mă interesează câţi oameni cred în cutare sau cutare lucru. Nu se face ştiinţă cu sondaje Gallup."

La rândul lui, Hoyle a continuat să-şi bată joc de modelul big bang şi de partizanii lui: „Delirul pătimaş cu care cosmologia big bang-ului a pus stăpânire pe sufletul comunităţii ştiinţifice ţine fără îndoială de un devotament adânc înrădăcinat faţă de prima pagină a Genezei, culmea fundamentalismului religios."

Dacă Hoyle voia să răstoarne raportul de forţe, nu era de ajuns să-i ponegrească pe partizanii big bang-ului. Colaborând cu Jayant Narlikar, Chandra Wickramasinghe şi Geoffrey Burbidge, a adaptat şi transformat modelul iniţial al stării staţionare pentru a concorda mai bine cu observaţiile astronomice. Noul model al stării cvasi-staţionare susţinea că universul trece prin faze regulate de contracţie între perioadele lungi de expansiune. În loc să afirme că materia e creată în mod

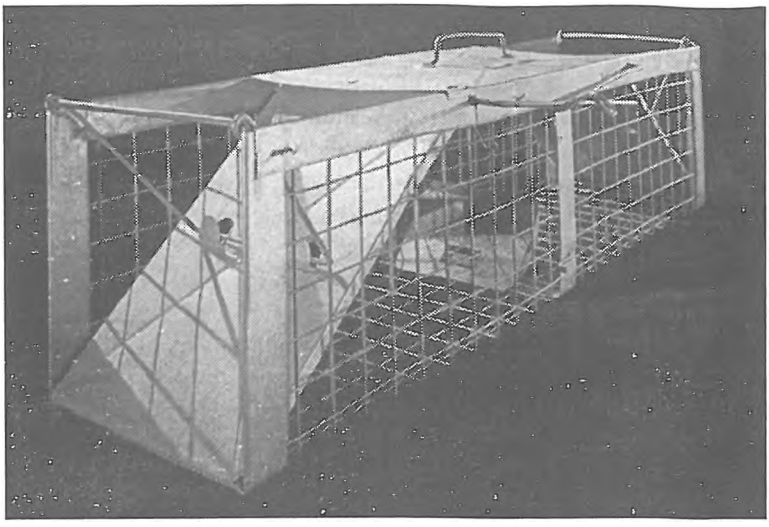


Figura 97 Capcana folosită pentru prinderea porumbeilor care intrau în radiotelescopul Laboratoarelor Bell demonstrează eforturile depuse de Penzias şi Wilson în încercarea de a explica misteriosul zgomot detectat. Capcana se află expusă la Muzeul Smithsonian.

continuu, noul model presupunea că materia e creată printr-un fenomen de explozie violentă. În ciuda acestor modificări, modelul stării cvasi-staţionare n-a izbutit să convingă pe mulţi astronomi.

Şi totuşi, Hoyle a continuat să-şi apere modelul: „Cred că trebuie să recunoaştem că teoria a dovedit o bună înzestrare pentru supravieţuire, calitate pe care trebuie s-o aibă orice teorie. Există o strânsă analogie între teorie şi observaţie, pe de o parte, şi mutaţii şi selecţie naturală, pe de altă parte. Teoria oferă mutaţiile, observaţia oferă selecţia naturală. Niciodată nu se demonstrează că teoriile sunt corecte. Ele pot cel mult să supravieţuiască." Însă modelul stării staţionare şi reîncarnarea lui în starea cvasi-staţionară supravieţuiau cu greu. Oricine privea din afară fără idei preconcepute putea vedea că erau pe cale de dispariţie, în timp ce modelul big bang nu numai că supravieţuia, dar prospera.

Pur şi simplu universul era mai uşor de înţeles în cadrul modelului big bang. De pildă, în 1823, când se presupunea că universul e infinit

şi etern, astronomul german Wilhelm Olbers se întreba de ce noaptea cerul nu era incendiat de lumina stelelor. Raţionamentul lui se baza pe faptul că un univers infinit conţine un număr infinit de stele, iar, dacă el e infinit de bătrân, lumina stelelor a avut la dispoziţie un timp infinit pentru a ajunge la noi. Prin urmare, cerul nocturn ar trebui să fie inundat de o cantitate infinită de lumină provenind de la toate aceste stele.

Absenţa acestei lumini infinite e cunoscută sub numele de *paradoxul lui Olbers*. Faptul că cerul nu e infinit strălucitor se poate explica în mai multe feluri, dar explicaţia dată de big bang e probabil cea mai convingătoare. Dacă universul a fost creat doar cu câteva miliarde de ani în urmă, nu a avut timp să ajungă la noi decât lumina stelelor provenind dintr-un volum finit al spaţiului, fiindcă lumina călătoreşte cu viteza finită de 300 000 km/s. Altfel spus, vârsta finită a universului şi viteza finită a luminii fac ca pe cerul nopţii să fie doar o cantitate finită de lumină, ceea ce corespunde observaţiilor noastre.

Superioritatea modelului big bang în raport cu modelul stării staţionare e cel mai limpede ilustrată dacă ne întoarcem la tabelul criteriilor cruciale de la începutul acestui capitol (tabelul 4, pp. 328–329). El prezenta stadiul disputei în 1950, unele descoperiri favorizând modelul big bang, altele modelul stării staţionare. Din 1950 însă, fiecare nouă observaţie părea să susţină modelul big bang şi să-l submineze pe cel al stării staţionare, după cum se vede în tabelul 6 (pp. 388–389) care ne arată cum stăteau lucrurile în 1978, anul în care Penzias şi Wilson au primit premiul Nobel.

În raport cu cele şapte criterii decisive, modelul big bang se dovedea mai puternic în patru dintre ele. În privinţa celorlalte trei criterii, unul era favorabil stării staţionare, altul era îndeplinit de ambele modele, iar altul nu era îndeplinit de nici unul din modele.

Lăsând la o parte problema creaţiei, care rămânea o dificultate pentru ambele modele, cosmologii şi-au concentrat atenţia asupra singurului subiect delicat pentru modelul big bang. Nu era limpede cum a putut evolua universul creat de big bang aşa încât să se formeze galaxiile. După cum subliniase Hoyle odinioară, „dacă postulezi o explozie suficient de violentă pentru a explica expansiunea universului, niciodată n-ar putea apărea condensări care să semene cât de cât cu galaxiile". Cu alte cuvinte, Hoyle susţinea că big bang-ul era absurd fiindcă ar împrăştia toată materia existentă creând un univers diluat, şi nu unul în care materia e concentrată în galaxii.

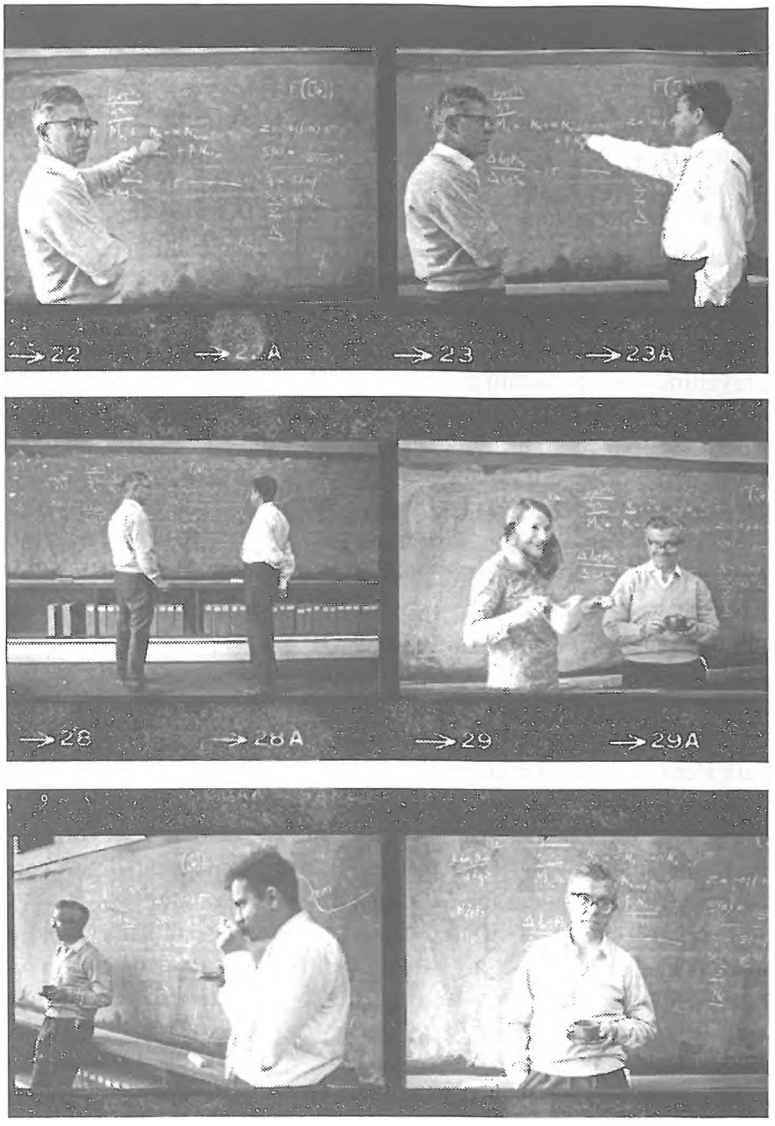


Figura 98 Fred Hoyle împreună cu prietenul și colegul său Jayant Narlikar, cel care l-a ajutat să elaboreze modelul stării cvasi-staționare. Calculele lor sunt alimentate cu o ceașcă de ceai.

Partizanii big bang-ului au fost siliți să recunoască faptul că explozia implica, cel puțin în primă instanță, o supă uniformă care ar fi fost într-adevăr împrăștiată de expansiunea cosmică. Modelul big bang trebuia să răspundă la această provocare: cum era cu putință ca un univers cu o înfățișare atât de uniformă să evolueze către un univers populat cu galaxii masive despărțite prin imense spații goale?

Cosmologii big bang-ului nutreau speranța că universul timpuriu, deși foarte uniform, nu era chiar perfect uniform. Omogenitatea lui trebuia să fi fost cumva ușor perturbată. Dacă așa stăteau lucrurile, atunci aceste minuscule variații ale densității ar fi fost de ajuns pentru a declanșa evoluția cunoscută a universului.

Regiuni ușor mai dense ar fi atras materia prin forța gravitațională, făcând ca aceste regiuni să devină și mai dense și să atragă astfel încă mai multă materie, și așa mai departe până la formarea primelor galaxii. Cu alte cuvinte, pornind de la infimele variații ale densității prezise de cosmologi, nu e greu de imaginat că gravitația ar declanșa procesul de formare a unor structuri și sub-structuri bogate și complexe.

Dacă acesta era mecanismul prin care modelul big bang a format galaxiile, atunci cele mai vechi fluctuații ale densității au fost germenii unei formidabile condensări cosmice. Universul de azi e plin de obiecte care au densitatea medie de aproximativ 1 g/cm^3, aceeași cu a apei. De pildă, Soarele (1,4 g/cm^3) e ceva mai dens decât apa, în timp ce Saturn (0,7 g/cm^3) e ceva mai puțin dens. Pe de altă parte, există imense întinderi pustii în cosmos unde vidul e aproape desăvârșit. Prin urmare, densitatea globală medie a universului, luând în calcul totul, de la galaxii la spațiile goale, este de aproximativ 0,00000000000000000000000000001 g/cm^3. Ceea ce înseamnă că există regiuni ale universului, în particular cea în care locuim, de un milion de milioane de milioane de milioane de milioane de ori mai dense decât densitatea medie.

Scenariul big bang susține deci că universul timpuriu era alcătuit din cea mai uniformă și mai netedă supă de materie care se poate închipui; infime variații ale acestui ocean aproape perfect omogen au declanșat un lanț de evenimente care au condus, în câteva miliarde de ani, la un univers în care există uriașe discrepanțe între galaxiile foarte dense și spațiile pustii de densitate aproape nulă.

Tabelul 6

Acest tabel prezintă diferite criterii după care modelul big bang și cel al stării staționare puteau fi judecate. El arată situația celor două modele în raport cu datele disponibile în 1978 și este o versiune revizuită a tabelului 4 (pp. 328–329).

Criteriu	Modelul big bang	Succes
1. Deplasarea spre roșu și expansiunea universului	De așteptat într-un univers care a fost creat în stare densă, iar apoi se extinde.	+
2. Abundențele atomilor	Proporțiile observate ale atomilor ușori (hidrogen, heliu) sunt foarte aproape de cele prezise de Gamow și colaboratorii săi pe baza modelului big bang; atomii mai grei sunt produși în stele.	+
3. Formarea galaxiilor	Expansiunea big bang ar dezmembra probabil galaxiile-copii înainte ca ele să crească; și totuși galaxiile au evoluat, fără să se poată explica în ce fel.	–
4. Distribuția galaxiilor	Distribuția galaxiilor variază cu distanța, după cum a demonstrat Ryle; galaxii tinere (cuasarii) au fost observate, însă doar la mari distanțe, ca și cum ar fi apărut abia după big bang.	+
5. Radiația cosmică de fond de microunde	Ecoul big bang-ului a fost prezis de Gamow, Alpher și Herman și a fost găsit de Penzias și Wilson.	+
6. Vârsta universului	Măsurători recente arată că obictele din univers sunt mai tinere decât universul însuși, așa încât nu apare nici o contradicție.	+
7. Creație	Nu există încă nici o explicație pentru crearea universului.	?

Plusurile şi minusurile indică grosso modo succesul sau insuccesul modelelor în raport cu fiecare criteriu, iar semnele de întrebare indică absenţa datelor sau un amestec de acord şi dezacord.

Criteriu	Modelul stării staţionare	Succes
1. Deplasarea spre roşu şi expansiunea universului	De aşteptat într-un univers etern care se extinde, materie nouă fiind creată în spaţiul gol.	+
2. Abundenţele atomilor	Nu poate explica cu adevărat abundenţele observate ale atomilor uşori; atomii mai grei sunt produşi în stele.	–
3. Formarea galaxiilor	Există mai mult timp şi nu există nici o expansiune iniţială violentă; aceasta permite galaxiilor să se dezvolte şi să moară, să fie înlocuite de noi galaxii alcătuite din materia creată.	+
4. Distribuţia galaxiilor	Galaxiile tinere ar trebui să fie distribuite în mod uniform, fiindcă ele se pot naşte oriunde şi oricând din materia creată între vechile galaxii, ceea ce e infirmat de observaţii.	–
5. Radiaţia cosmică de fond de microunde	Nu poate explica radiaţia CFM observată.	–
6. Vârsta universului	Nu a fost găsit nimic mai vechi de 20 de miliarde de ani, totuşi se presupune că universul e infinit de bătrân.	?
7. Creaţie	Nu există încă nici o explicaţie pentru creaţia continuă de materie.	?

Pentru a demonstra că o asemenea tranziție a avut într-adevăr loc, cosmologii big bang-ului trebuiau să găsească dovezi privind variațiile densității care au declanșat formarea galaxiilor. Altminteri, fără dovezi clare privind aceste fluctuații, modelul big bang rămânea vulnerabil la criticile puținilor partizani ai stării staționare, între care se număra și Hoyle.

Indicii asupra acestor fluctuații din universul timpuriu puteau fi căutate, evident, în cea mai veche relicvă din univers, radiația CFM. Această radiație a fost emisă la un moment precis din istoria universului, așa încât juca acum rolul de relicvă, indicând starea universului în epoca în care s-au format atomii, la aproximativ 300 000 de ani de la momentul creației. Detectând radiația CFM, radioastronomii priveau în urmă către această epocă și vedeau universul la un stadiu timpuriu din evoluția lui. Modelul big bang estima că universul are o vârstă de cel puțin 10 miliarde de ani, prin urmare 300 000 de ani reprezintă 0,003 % din vârsta actuală a universului. La o scară umană a timpului, să ne închipuim că universul ar fi acum un om de 70 de ani. Atunci radiația CFM a apărut pe când trecuseră doar câteva ore de la nașterea universului.

S-ar putea să nu fie evident de la bun început faptul că a observa radiația CFM e totuna cu a privi înapoi în timp, dar exact același lucru se întâmplă când astronomii observă o stea îndepărtată. Dacă steaua e la o distanță de 100 de ani-lumină, atunci luminii i-au trebuit 100 de ani ca să ajungă la noi, deci noi putem vedea steaua doar așa cum arăta acum 100 de ani. La fel, dacă radiația CFM a fost emisă cu miliarde de ani în urmă și au trecut miliarde de ani până să ajungă la noi, atunci când astronomii o detectează ei percep într-adevăr universul așa cum arăta cu miliarde de ani în urmă, pe vremea când avea doar vârsta de 300 000 de ani.

Dacă la acest moment din istoria universului existau variații de densitate, ele ar trebui să se fi imprimat în radiația CFM pe care o vedem noi astăzi. Aceasta deoarece un petec de univers cu o densitate puțin mai mare decât media — un „cocoloș" — ar fi avut un efect bine definit asupra radiației CFM emisă de el. Radiația provenind dintr-o asemenea regiune a avut de înfruntat obstacole mai mari pentru a scăpa de atracția gravitațională suplimentară produsă de densitatea superioară a „cocoloșului". Prin urmare, radiația emergentă a pierdut

ceva energie luptându-se să iasă din „cocoloș" și are deci o lungime de undă puțin mai mare.

Examinând radiația CFM provenind din diferite direcții din univers, astronomii sperau să detecteze ușoare variații ale lungimii de undă. Radiația sosind dintr-o anumită direcție și având o lungime de undă puțin mai mare ar indica faptul că provine dintr-o regiune a universului timpuriu ceva mai densă, iar radiația sosind dintr-o altă direcție și având o lungime de undă puțin mai mică ar indica faptul că provine dintr-o regiune a universului timpuriu ceva mai puțin densă. Dacă astronomii ar găsi aceste variații ale lungimii de undă în radiația CFM, atunci ei ar putea demonstra că în universul timpuriu au existat variații de densitate care au dat naștere galaxiilor, iar modelul big bang ar deveni și mai atrăgător.

Penzias și Wilson dovediseră că radiația CFM exista și că avea aproximativ lungimea de undă prezisă, dar acum astronomii au început s-o măsoare cu tot mai mare precizie, încercând să arate că radiația provenind dintr-o parte a universului are o lungime de undă ușor diferită de cea provenind dintr-o altă parte. Din păcate însă, radiația CFM părea să fie aceeași oriîncotro priveau. Se presupunea că e aproximativ uniformă, fiindcă universul timpuriu fusese foarte asemănător în toate punctele din spațiu, dar măsurătorile demonstrau că radiația provenind din toate direcțiile nu e doar asemănătoare, ci chiar identică. Nu exista vreun indiciu pentru o cât de mică creștere sau scădere în lungimea de undă.

Partizanii stării staționare au speculat acest rezultat negativ al modelului big bang. Absența variației în lungimile de undă ale radiației CFM observate în prezent însemna absența variațiilor de densitate în universul timpuriu, deci neputința de a explica galaxiile pe care le vedem azi.

Majoritatea cosmologilor n-au intrat însă în panică. Ei susțineau că variațiile trebuie să existe, dar sunt prea mici pentru a fi detectate cu mijloacele tehnice de care dispunem. Părea un argument rezonabil. De pildă, hârtia pe care e tipărită această carte pare perfect netedă, dar, cu un echipament suficient de sensibil, variațiile suprafeței ei devin vizibile, după cum e arătat în figura 99.

În anii '70, cele mai noi echipamente erau suficient de sensibile pentru a detecta potențialele diferențe în radiația CFM până la fluctuații de 1 %, dar tot nu a fost observată vreo variație. Exista posibilitatea

ca variațiile să fie mai mici de o parte dintr-o sută, dar detectarea unor asemenea variații părea imposibilă de pe suprafața Pământului. Dificultatea provenea din faptul că radiația CFM se află în regiunea microundelor din spectrul electromagnetic, iar umezeala din atmosferă emite continuu microunde care, deși foarte slabe, sunt suficiente pentru a acoperi minusculele variații ce ar putea exista în radiația CFM.

O soluție ingenioasă a fost aceea de a proiecta un detector care să fie ridicat în aer de un uriaș balon umplut cu heliu la o altitudine de câteva zeci de kilometri, practic la limita spațiului extraterestru. Un detector purtat de un balon ar avea avantajul de a pluti într-o regiune a atmosferei unde umiditatea e foarte redusă, deci microundele atmosferice foarte slabe.

Experimentele cu baloane se izbeau însă de mai multe dificultăți. Temperaturile extrem de scăzute pot distruge substanțele adezive, dezmembrând astfel detectorul. De asemenea, în cazul unei defecțiuni a echipamentului, astronomii n-au cum să intervină. Dar, chiar dacă echipamentul funcționează normal, detectorul poate opera doar un timp scurt, pentru că balonul coboară în câteva ore. În fine, lucrul cel mai rău, gondola conținând detectorul riscă să se zdrobească de pământ sau să fie pierdută, anii de pregătiri minuțioase ducându-se pe apa sâmbetei.

George Smoot de la Universitatea din California, care pornise cu entuziasm în căutarea variațiilor din radiația CFM, a participat la câteva experimente cu baloane, dar la mijlocul anilor '70 și-a pierdut orice speranță. Experimentele cu baloane sfârșeau de regulă dezastruos, iar, atunci când gondola reușea totuși să aterizeze întreagă, nu era pusă în evidență nici o variație a radiației CFM. Smoot s-a hotărât să adopte o altă strategie. A plănuit să instaleze un detector de microunde la bordul unui avion, așa încât durata și acuratețea observațiilor să crească. Era mai puțin riscant decât să depinzi de un balon precar.

Smoot a încercat să găsească un avion care să zboare la mare altitudine și să rămână acolo sus un timp îndelungat, ambele condiții esențiale pentru măsurarea precisă a radiației CFM. În cele din urmă a hotărât că ideal era avionul de recunoaștere Lockheed Martin U-2, celebru pentru misiunile de spionaj din perioada Războiului Rece. A înaintat o cerere oficială către US Air Force și, spre uimirea lui, răspunsul a fost favorabil. Militarii erau încântați de ideea de a participa la un proiect de cercetare care ar putea lămuri unul dintre cele

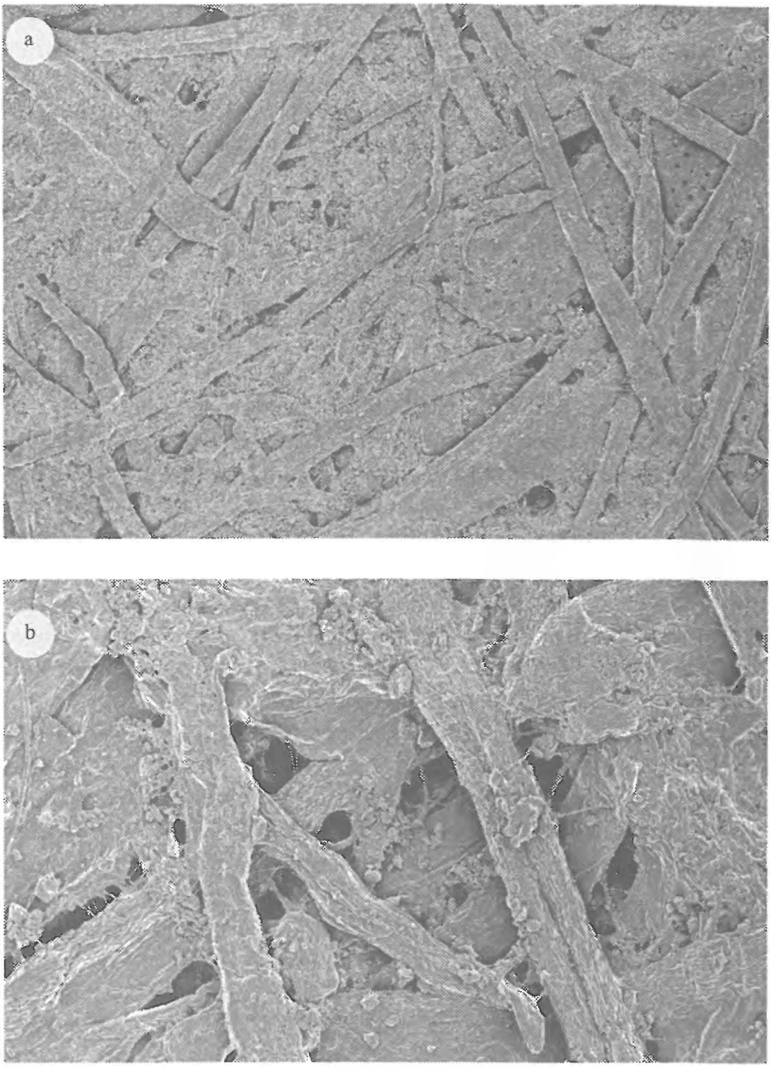


Figura 99 Mărirea suprafeței unei hârtii aparent netede cu un factor de aproximativ 250, ca în fotografia (a), dezvăluie structura și neregularitățile sale. O mărire cu un factor de aproximativ 1000, ca în fotografia (b), dezvăluie și mai multe detalii.

mai mari mistere ale cosmologiei. Au fost atât de cooperanți încât i-au vorbit lui Smoot și despre o deschizătură ultrasecretă în partea de sus a avionului, care ar oferi o vedere clară asupra cerului. Deschizătura fusese proiectată pentru a urmări întoarcerea rachetelor balistice intercontinentale în cadrul testelor la care participase avionul U-2.

Precedentele experimente cu baloane utilizaseră detectori nesofisticați fiindcă nimeni n-ar fi investit mulți bani într-un echipament care risca să fie distrus. Dispunând acum de o platformă aeriană sigură, Smoot a construit un detector pentru radiația CFM folosind tehnologia cea mai înaltă a momentului. Detectorul putea compara radiația CFM provenind din două direcții diferite cu o sensibilitate neatinsă până atunci.

Experimentul a început în 1976, iar în doar câteva luni Smoot și colegii săi au descoperit o variație în radiația CFM. Radiația provenind de la o jumătate a firmamentului avea o lungime de undă mai mică cu o parte dintr-o mie decât radiația provenind din cealaltă jumătate. Era un rezultat important, dar nu chiar acela pe care-l căuta Smoot.

Variațiile care ar fi constituit germenii galaxiilor în universul timpuriu trebuiau să fi fost foarte neregulate — ar fi arătat ca un mozaic pestriț și aleator întins pe firmament. Smoot detectase totuși o variație în două trepte. Diferența între ce a observat și ce voiau cu adevărat cosmologii să vadă e ilustrată în figura 100.

Exista o explicație relativ simplă pentru măsurătorile lui Smoot. Variația emisferică era provocată de efectul Doppler datorat mișcării Pământului. Pe măsură ce Pământul se deplasează prin spațiu, dacă detectorul privește înainte, percepe o radiație CFM cu o lungime de undă puțin mai mică; dacă privește în urmă, lungimea de undă apare puțin mai mare. Măsurând diferența dintre cele două lungimi de undă, Smoot putea determina viteza Pământului prin cosmos. Această viteză este efectul combinat al mișcării Pământului în jurul Soarelui, al mișcării Soarelui în cadrul Căii Lactee și al mișcării Căii Lactee înseși. Rezultatul a fost anunțat la 14 noiembrie 1977 pe prima pagină din *New York Times*: VITEZA GALAXIEI PRIN UNIVERS DEPĂȘEȘTE UN MILION DE MILE PE ORĂ.

Deși interesant în sine, rezultatul nu lămurea nimic din marea problemă: există în radiația CFM variații care au constituit germenii universului? Când contribuția datorată efectului Doppler a fost îndepărtată, nu s-a găsit nici un semn de variații big bang. Dacă modelul

big bang era corect, ele trebuiau să existe, însă nimeni nu le putea găsi. Echipamentul lui Smoot era foarte sensibil, aşa încât eşecul lui de a pune în evidenţă o structură de tip mozaic arăta că variaţiile trebuiau să fie mai mici decât unu la mie. Asemenea variaţii infime erau greu de detectat chiar şi într-un experiment efectuat pe un avion, fiindcă exista încă un strat subţire de atmosferă deasupra detectorului care ar fi putut împiedica măsurători de mare finețe.

Cu timpul, astronomii au înţeles că singura speranţă de a găsi infime variaţii (dacă într-adevăr existau) era să plaseze un detector de radiaţie CFM la bordul unui satelit spaţial, dincolo de atmosfera terestră. Echipamentul de la bordul satelitului ar fi fost izolat de microundele atmosferice, ar fi fost perfect stabil, ar fi observat întreg cerul şi ar fi putut funcţiona zi şi noapte fără încetare.

Chiar pe când lucra la experimentul de pe avionul spion, Smoot bănuia că satelitul ar putea fi singurul mijloc de a detecta variaţiile

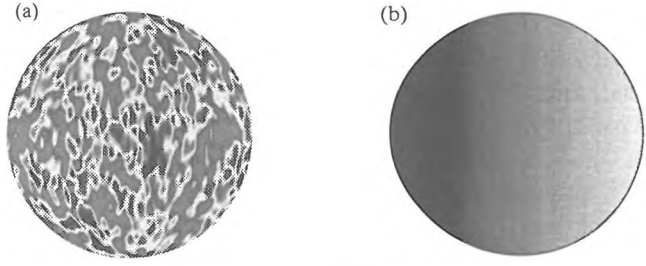


Figura 100 Aceste două sfere reprezintă două hărţi diferite ale radiaţiei CFM. Din punctul nostru de observaţie, situat în centrul sferelor, privim spre spaţiu, iar tonurile de gri reprezintă lungimea de undă medie pe care o vedem provenind din diferite direcţii. Tonurile întunecate corespund lungimilor de undă mai mari ale radiaţiei şi tonurile mai deschise lungimilor de undă mai mici.

Harta (a) prezintă o variaţie de tip mozaic, acea structură pe care cosmologii doreau s-o vadă. O regiune cu lungime de undă medie mai mare ar indica faptul că era mai densă în universul timpuriu şi putea deci constitui un germene pentru foarmarea galaxiilor. Cosmologii nu cunoşteau modelul exact pe care radiaţia CFM l-ar fi putut avea, dar ştiau că trebuia să fie suficient de complex pentru a explica aranjamentul actual al galaxiilor. Harta (2) prezintă o structură simplă, cu lungimi de undă mai scurte într-o emisferă şi mai lungi în cealaltă. Acest tip de variaţie a fost detectat în experimentul în care Smoot a folosit avioane U-2. Nu are nici o legătură cu variaţia complexă care ar explica formarea galaxiilor în modelul big bang al universului.

radiației CFM. Din acest motiv plănuia deja un experiment mai ambițios. Încă din 1974, NASA adresase oamenilor de știință invitația de a face propuneri pentru misiunile sateliților Explorer, proiect nu foarte costisitor, menit să contribuie la dezvoltarea astronomiei. O echipă de la Berkeley, care îl includea pe Smoot, a trimis propunerea de a plasa pe satelit un detector de radiație CFM, dar n-a fost singura. Un grup de la Jet Propulsion Laboratory din Pasadena, California, avusese o idee asemănătoare, la fel și John Mather, un ambițios astrofizician de la NASA în vârstă de douăzeci și opt de ani.

Dorind să sprijine un experiment cu asemenea semnificații cosmologice, NASA a unificat cele trei propuneri și a subvenționat un studiu detaliat de fezabilitate legat de ceea ce avea să fie numit Satelitul de Explorare a Fondului Cosmic (Cosmic Background Explorer Satelite), cunoscut mai bine sub acronimul COBE (care se pronunță așa încât să rimeze cu Toby). Colaborarea a început cu proiectarea experimentului în 1976, pe când Smoot se ocupa intens de măsurătorile sale folosind avionul U-2, dar aceasta era abia faza preliminară, prin urmare Smoot nu avea de ce să-și facă probleme că participa la două programe de cercetare diferite. În următorii șase ani, echipa de savanți și ingineri a căutat o cale de a construi un detector care să fie sensibil la variațiile radiației CFM și în același timp să fie suficient de mic și de robust pentru a fi lansat în spațiu.

Proiectul final includea trei detectori separați, fiecare măsurând un aspect diferit al radiației CFM. Mike Hauser de la Centrul Spațial Goddard, care găzduia întregul proiect, conducea echipa răspunzătoare pentru Experimentul de Fond în Infraroșu Difuz (DIRBE). John Mather răspundea de al doilea detector, Spectrometrul Absolut pentru Infraroșul Îndepărtat (FIRAS). George Smoot avea în grijă al treilea detector, Radiometrul Diferențial pentru Microunde (DMR), iar acesta era detectorul proiectat anume pentru a găsi variațiile radiației CFM. Detectorul DMR, după cum sugerează și numele său, trebuia să detecteze simultan radiațiile CFM provenind din două direcții și să măsoare diferența dintre cele două seturi de radiații de microunde.

Proiectul COBE a primit undă verde în 1982, la opt ani după ce fusese propus. Construcția putea în fine începe, iar COBE a fost programat să fie lansat la bordul unei navete spațiale în 1988. Dar, după doi ani de lucru la satelit, întreg proiectul se afla în pericol. Pe 28 ianuarie

1986, naveta spațială Challenger a explodat la scurt timp după lansare, toți cei șapte membri ai echipajului murind.

„Am rămas înmărmurit", avea să-și aducă aminte Smoot. „Cu toții am rămas înmărmuriți. Ne-a întristat soarta astronauților. Tragedia accidentului era cumplită, dar cu timpul au început să apară efectele asupra satelitului COBE [...] Cu o navetă pierdută și trei la sol, tot programul NASA se dusese de râpă. Nimic nu mai zbura. Nu ni se spunea cât timp va fi amânată lansarea lui COBE; puteau să treacă ani."

Astronomii și inginerii munciseră un deceniu la proiectarea și construcția satelitului COBE, iar acum viitorul lui era incert. Toate zborurile navetelor au fost suspendate, iar încărcăturile rămase imediat colectate. Chiar dacă lansările s-ar fi reluat, era limpede că existau alte priorități care ar fi făcut ca satelitul COBE să aibă mult de așteptat la coadă. De fapt, înainte de sfârșitul lui 1986 NASA a anunțat că satelitul fusese exclus din programul de lansări cu navete spațiale.

Echipa COBE a început să caute un alt vehicul de lansare, iar singura opțiune serioasă era o rachetă de tip clasic. Varianta cea mai bună era racheta europeană Ariane, dar NASA fusese cea care finanțase programul COBE și nu dorea ca un rival străin să-i uzurpe gloria de a lansa satelitul. Unul din membrii echipei COBE avea să-și amintească: „Am purtat două sau trei discuții cu francezii, dar când conducătorii NASA au aflat ne-au ordonat să încetăm și să sistăm tratativele — și ne-au amenințat cu pedepse fizice în caz contrar." Nu e de mirare că nici nu se punea problema de a lua legătura cu rușii.

Industria aerospațială era în declin, așa încât rămâneau puține alternative. Echipa COBE s-a adresat de pildă companiei McDonnell-Douglas, însă aceasta suspendase linia de producție a rachetei Delta. Mai rămăseseră câteva rachete care fuseseră destinate să slujească drept ținte în testarea armamentului din cadrul Inițiativei pentru Apărare Strategică (cunoscută sub numele de Războiul Stelelor). Când inginerii de la Delta au aflat despre COBE, s-au bucurat la gândul că minunatele lor vehicule ar putea fi folosite la ceva mai constructiv decât exercițiile de tir. Și-au oferit imediat serviciile, dar exista o dificultate importantă care trebuia depășită.

Întregul satelit COBE cântărea aproape cinci tone, iar racheta Delta putea lua cu sine doar o încărcătură de două ori mai ușoară, prin urmare COBE trebuia să slăbească mult. Echipa era obligată să reproiecteze complet satelitul, reducându-i drastic dimensiunile și făcând imense

sacrificii care anulau ani de muncă. În același timp, echipa trebuia să se asigure că nu se pierdea nimic din capacitățile științifice ale satelitului — că putea în continuare sonda radiația CFM și testa modelul big bang. Mai mult, întreaga reproiectare și construcție trebuia încheiată în doar trei ani, fiindcă era programată o lansare pentru 1989, iar depășirea acestui termen aducea cu sine o nouă amânare.

Sute de savanți și ingineri au muncit zi și noapte, fără sâmbete și duminici libere, într-una dintre cele mai teribile curse contra cronometru din istoria aventurii spațiale. În cele din urmă, în dimineața zilei de 18 noiembrie 1989, la cincisprezece ani după ce propunerea inițială a fost înaintată către NASA, satelitul COBE era gata de lansare. Între timp, se făcuseră și alte încercări de detectare a variațiilor din radiația CFM, folosind detectori la sol sau transportați cu baloane și avioane, dar radiația CFM rămânea mai departe perfect netedă. Nu era prea târziu pentru intrarea în scenă a satelitului COBE.

Echipa COBE nu a uitat să-i invite să asiste la lansare, la baza militară Vandenberg din California, pe Ralph Alpher și Robert Herman, cei care preziseseră radiația CFM în 1948.* Celor doi teoreticieni li s-a dat voie chiar să urce pe rampă și să mângâie nasul conic al rachetei. Smoot se afla și el printre sutele de oameni adunați pentru lansare. Toate ambițiile sale depindeau de COBE și de racheta Delta: „Mai văzusem o dată racheta de aproape și fusesem îngrozit de starea jalnică în care se afla, ruginită pe ici pe colo, cârpită pe ici pe colo, cu pete de vopsea acoperind reparațiile. Munca noastră de-o viață se afla în vârful chestiei ăsteia. N-am scos o vorbă, doar ne rugam în tăcere."

Când numărătoarea inversă a ajuns la zero, racheta Delta a părăsit rampa de lansare. După 30 de secunde a depășit bariera sunetului, iar după 11 minute satelitul a ajuns cu bine pe orbită. Primind un ultim impuls, a urcat la altitudinea de 900 km și de-aici încolo a urmat o orbită polară, înconjurând Pământul de 14 ori pe zi.

De la primele date recepționate pe Pământ era clar că satelitul funcționa perfect, iar fiecare detector supraviețuise lansării. Smoot și colegii săi nu puteau însă face nici un anunț privind obiectivul principal al misiunii.

Validarea, sau invalidarea, existenței variațiilor în radiația CFM cerea o analiză complicată și de lungă durată a datelor transmise de

* Gamow murise în 1968. (*N. t.*)

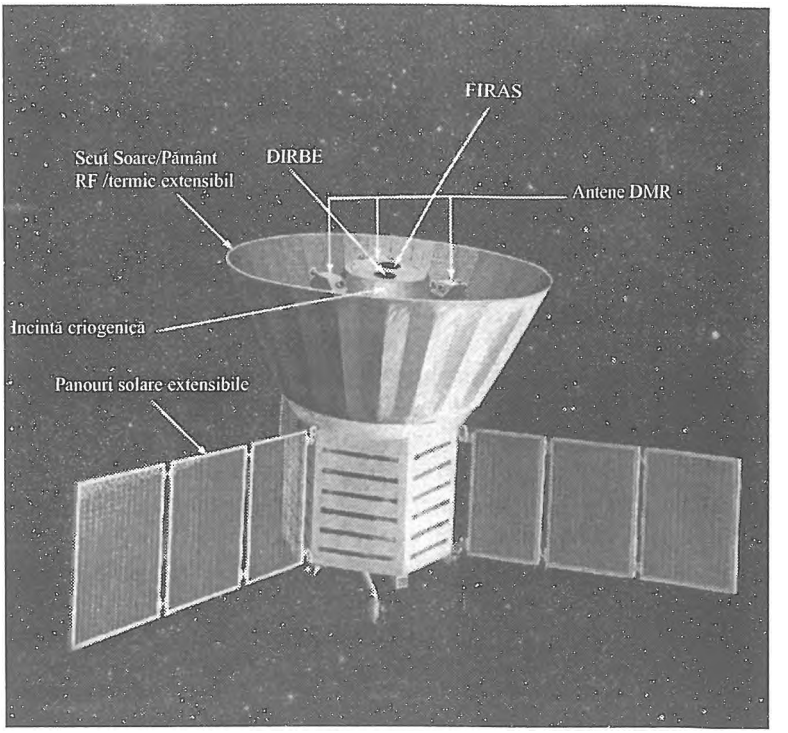


Figura 101 Satelitul COBE a fost lansat în 1989. Cei trei detectori sunt parțial ascunși de un scut care îi protejează împotriva căldurii și microundelor provenind de la Soare și de la Pământ. Incinta criogenică din centrul scutului conține heliu lichid care răcește componentele satelitului pentru a reduce radiațiile de microunde emise de satelitul însuși.

Până acum am lăsat impresia că radiația CFM provenind din orice direcție ar avea o singură lungime de undă, dar în realitate există un domeniu al lungimilor de undă. Distribuția lungimilor de undă prezintă însă un maximum dominant, motiv pentru care radiația CFM poate fi tratată ca și cum ar fi constituită dintr-o singură lungime de undă.

Soarta modelului big bang depindea de măsurătorile efectuate cu detectorul DMR. El trebuia să compare radiația CFM provenind din două direcții diferite și să caute diferențele dintre lungimile de undă ale valorilor maxime. Aceste diferențe ar fi dovada unei variații de densitate în universul timpuriu, iar regiunile cu densități mai mari ar constitui germenii galaxiilor de azi.
Detectorii FIRAS și DIRBE erau destinați să analizeze alte caracteristici ale radiației CFM.

detectorul DMR, iar însăşi acumularea acestor măsurători era un proces lent. Detectorul putea măsura simultan şi compara radiaţia CFM provenind de la două petece mici de pe cer aflate sub un unghi de 60°, dar pentru a măsura radiaţia de pe întreg firmamentul satelitul trebuia să se rotească de sute de ori în jurul Pământului. Detectorul DMR şi-a încheiat prima examinare grosieră a întregului cer în aprilie 1990.

Primele analize n-au dezvăluit nici un semn al variaţiilor în radiaţia CFM la nivelul de 1 la 3 000. După a doua încercare, n-a apărut nici un indiciu de variaţie la nivelul de 1 la 10 000. Aceste măsurători dezvăluiau o „netezime fără fisuri", după cum spunea Marcus Chown.

COBE fusese trimis în spaţiu pentru a găsi variaţii care au constituit germenii galaxiilor de azi. Poate că erau greu de găsit. Sau poate că nici nu existau, ceea ce ar fi fost catastrofal pentru modelul big bang, fiindcă nu ar fi putut explica apariţia galaxiilor. Iar fără galaxii n-ar fi nici stele, nici planete, nici viaţă. Situaţia devenise disperată. După cum spunea John Mather, „N-am ajuns încă să respingem propria noastră existenţă. Dar nu înţeleg nici în ruptul capului cum poate exista structura din zilele noastre fără să fi rămas cel mai mic semn în radiaţia de fond."

Optimiştii sperau ca datele suplimentare şi o analiză mai atentă să dezvăluie variaţii în radiaţia CFM. Pesimiştii se temeau că cercetarea şi mai amănunţită va demonstra că radiaţia CFM e perfect netedă, iar modelul big bang va fi invalidat. Cu fiecare lună scursă, în absenţa oricărei afirmaţii privind existenţa sau inexistenţa variaţiilor, au început să circule zvonuri în comunitatea cosmologilor şi în presa ştiinţifică. Teoreticienii au început să construiască variante ad hoc ale modelului big bang care nu presupun cu necesitate variaţii în radiaţia CFM. Revista *Sky & Telescope* rezuma starea de spirit prin titlul BIG BANG-UL: VIU SAU MORT? Puţinii partizani ai stării staţionare au prins curaj şi au început din nou să critice modelul big bang.

Ceea ce nu ştia nimeni din afara echipei COBE era că multaşteptatele variaţii începeau să apară. Semnele variaţiilor erau atât de vagi, încât cercetările au fost ţinute sub cel mai strict secret.

Detectorul DMR continuase să strângă date în 1990 şi 1991 şi încheiase în decembrie 1991 prima explorare completă a cerului, însumând 70 de milioane de măsurători. Apăruse în fine o variaţie la nivelul de 1 la 100 000. Cu alte cuvinte, valoarea maximă a lungimii de undă a radiaţiei CFM varia cu 0,001 % în funcţie de direcţia în care privea

COBE. Radiația CFM prezenta doar variații minuscule de-a lungul firmamentului, dar esențial era că acestea existau. Ele erau suficiente pentru a indica fluctuații ale densității în universul timpuriu ce constituiseră germenii dezvoltării ulterioare a galaxiilor.

Unii savanți din programul COBE au vrut să publice imediat rezultatul, dar cei mai reținuți s-au impus. Echipa COBE a început o verificare exhaustivă pentru a se asigura că variațiile nu se datorau unui defect al detectorului sau unei erori de analiză. Pentru a încuraja atenția și spiritul critic, Smoot a promis că oferă un bilet de avion gratuit pentru orice destinație din lume oricui va găsi o greșeală în analiză. Își dădea seama că era implicat într-una dintre cele mai sensibile măsurători din istoria științei și exista un mare risc ca rezultatele să fie contaminate de o eroare bine ascunsă. A comparat misiunea de a găsi infimele variații din radiația CFM cu „încercarea de a auzi o șoaptă în vacarmul unei petreceri de pe plajă, în timp ce radioul urlă, valurile se sparg, oamenii strigă, câinii latră și motoarele mașinilor zbârnâie". În asemenea condiții, e ușor să auzi altceva sau să-ți închipui că auzi ceva când în realitate nu-i nimic.

După aproape trei luni de analize și discuții, membrii echipei COBE au căzut de acord că variațiile erau reale. Era momentul să iasă în public. Au trimis un articol la *Astrophysical Journal* și au hotărât să anunțe descoperirea într-o conferință organizată de Societatea Americană de Fizică la Washington, pe 23 aprilie 1992.

Smoot, purtătorul de cuvânt al echipei care construise detectorul DMR, avea onoarea să se adreseze publicului și să anunțe un rezultat cu adevărat istoric. Trecuse un sfert de secol de când Penzias și Wilson descoperiseră radiația CFM, iar acum multașteptatele variații fuseseră în sfârșit identificate. Rezultatul era încă păstrat secret, astfel încât nici măcar organizatorii conferinței nu știau că Smoot va face un anunț atât de important. Prin urmare, i se alocaseră doar cele 12 minute obișnuite, dar ele au i-au ajuns pentru a prezenta una dintre cele mai mari descoperiri din istoria științei. Publicul a urmărit fascinat cum peisajul cosmologic se întregea brusc. Big bang-ul putea într-adevăr explica formarea galaxiilor.

După-amiază a avut loc o mare conferință de presă. Comunicatul de presă a fost însoțit de hărți ale universului făcute de COBE, fiecare imagine fiind un amestec de pete roșii, roz, albastre și mov. Versiuni alb-negru ale acestor hărți sunt prezentate în figura 102. Fiecare hartă

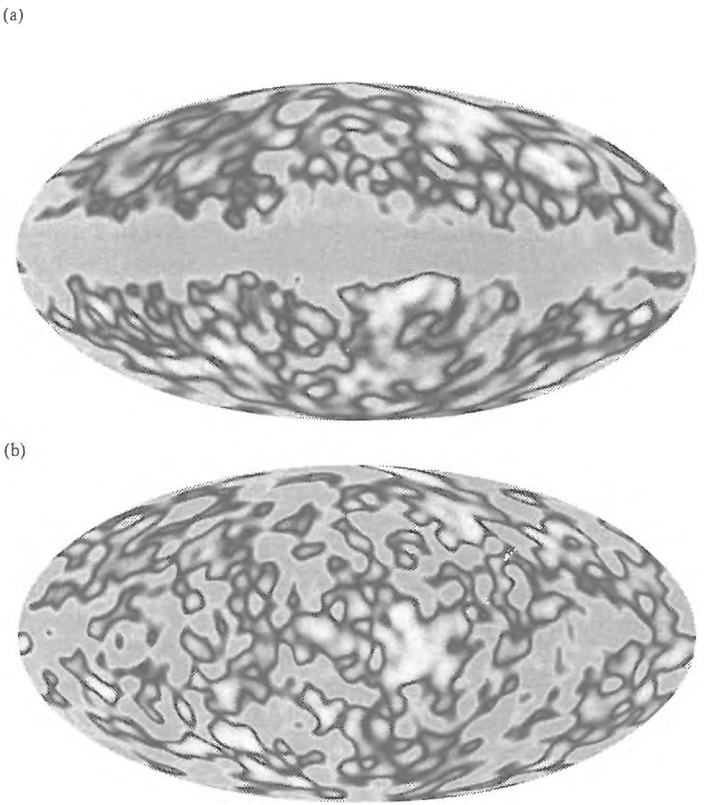


Figura 102 Privind în spațiu, satelitul COBE a văzut radiația CFM sosind din toate direcțiile. Variațiile radiației au fost reprezentate pe suprafața unei sfere în centrul căreia se află COBE. Au fost alcătuite mai multe hărți sferice, iar două dintre ele au fost desfășurate și prezentate aici ca hărți bidimensionale. Tonurile diferite de gri reflectă variațiile radiației CFM măsurate de detectorul DMR.

Harta (a) e dominată de radiația provenind de la Calea Lactee, care apare de-a lungul ecuatorului. Această imagine a fost botezată „hamburgerul".

În harta (b) contribuția Căii Lactee a fost eliminată. E un indicator mai bun privind variația radiației CFM de-a lungul universului. O mare parte din hartă e încă dominată de zgomotul aleator, dar analiza statistică demonstrează existența unei variații reale a radiației CFM la nivelul de 1 la 100 000.

de formă eliptică reprezintă întregul cer, desfăşurat şi deformat pentru a putea fi cuprins în planul paginii, la fel cum în atlase întâlnim hărţi distorsionate ale Pământului sferic.

Văzând aceste imagini, numeroşi ziarişti şi cititorii lor şi-au închipuit că fiecare petec reprezenta o variaţie reală a radiaţiei CFM, una dintre acele mult discutate diferenţe de ordinul unei părţi la suta de mii. De fapt, măsurătorile COBE erau grav afectate de radiaţia întâmplătoare emisă de însuşi detectorul DMR, ceea ce face ca harta din figura 102 (b) să conţină o importantă contribuţie aleatoare. Contaminarea e atât de puternică încât din simpla examinare vizuală nu putem spune care pete reprezintă variaţii veritabile ale radiaţiei CFM şi care sunt produse de fluctuaţiile întâmplătoare din detector. Savanţii COBE au folosit însă tehnici statistice sofisticate pentru a demonstra că exista o variaţie reală în radiaţia CFM la nivelul pe care l-au anunţat, aşa încât rezultatul e corect, chiar dacă harta e oarecum derutantă. Ar fi procedat mai riguros dacă le-ar fi înmânat ziariştilor analiza statistică a datelor în locul acestor imagini, dar nici un jurnalist de ştiri n-ar fi înţeles-o. Oricum, graficienii au fost încântaţi de imaginea grăitoare ce a însoţit articolele apărute a doua zi.

Analiza statistică era complicată, dar mesajul lui George Smoot către restul lumii era simplu. Satelitul COBE găsise dovada că, la aproximativ 300 000 de ani după momentul creaţiei, existau de-a lungul universului infime variaţii de densitate de ordinul unei părţi la suta de mii, care au crescut cu timpul şi au dat naştere în cele din urmă galaxiilor pe care le vedem azi. După ce se gândise o seară întreagă căutând să găsească fraze memorabile pentru conferinţa de presă, în faţa ziariştilor Smoot a spus: „Am observat cele mai vechi şi cele mai mari structuri din câte am văzut vreodată în universul timpuriu. Ele sunt germenii primordiali ai structurilor din prezent, galaxii, roiuri de galaxii şi aşa mai departe." Apoi, Smoot a rostit o frază şi mai percutantă: „Dacă sunteţi credincioşi, e ca şi cum ai vedea chipul lui Dumnezeu."

Ziarele au reacţionat consacrând în exclusivitate prima pagină rezultatelor COBE. Titlul pus de revista *Newsweek* e grăitor pentru vâlva iscată în presă: SEMNĂTURA LUI DUMNEZEU. Deşi uşor stânjenit de entuziasmul pe care l-au declanşat cuvintele sale, Smoot a mărturisit că nu regretă: „Dacă afirmaţiile mele au trezit în oameni interesul pentru cosmologie, e foarte bine. Oricum, faptul e consumat. Nu mai pot retracta."

Pomenirea lui Dumnezeu, imaginile frapante şi excepţionala importanţă ştiinţifică a descoperirilor făcute de satelitul COBE au făcut ca aceasta să devină fără îndoială cea mai celebră poveste astronomică a deceniului. Apoi, Steven Hawking a turnat benzină peste foc spunând: „Este descoperirea secolului, dacă nu chiar descoperirea tuturor timpurilor."

Sarcina de a demonstra că modelul big bang era corect se încheiase. Generaţii de fizicieni, astronomi şi cosmologi — Einstein, Friedmann, Lemaître, Hubble, Gamow, Alpher, Baade, Penzias, Wilson, întreaga echipă COBE şi mulţi alţii — izbutiseră să răspundă la întrebarea ultimă privind creaţia. Era limpede că universul e dinamic, în expansiune şi evoluţie, iar tot ce vedem azi a apărut dintr-un big bang fierbinte, dens şi compact cu mai bine de zece miliarde de ani în urmă. În cosmologie se petrecuse o revoluţie, iar modelul big bang era acum acceptat. Se încheiase schimbarea paradigmei.

CAPITOLUL 5 — SCHIMBAREA PARADIGMEI

REZUMAT

① 1950 - COMUNITATEA COSMOLOGICĂ ERA SCINDATĂ ÎNTRE PARTIZANII MODELULUI STĂRII STAȚIONARE ȘI PARTIZANII MODELULUI BIG BANG. ÎNAINTE DE A STABILI CARE DESCRIERE A UNIVERSULUI E CEA CORECTĂ, TREBUIA SĂ SE RĂSPUNDĂ LA UNELE ÎNTREBĂRI.

DE PILDĂ, DACĂ A EXISTAT UN BIG BANG, ATUNCI:

- DE CE UNIVERSUL E MAI TÂNĂR DECÂT STELELE?
- CUM S-AU FORMAT ELEMENTELE GRELE?
- UNDE SE AFLA RADIAȚIA CFM?
- CUM S-AU FORMAT GALAXIILE?

② MAI ÎNTÂI BAADE, APOI SANDAGE AU RECALIBRAT SCARA DISTANȚELOR PÂNĂ LA GALAXII ȘI AU ARĂTAT CĂ BIG BANG-UL PREZICEA DE FAPT UN UNIVERS MULT MAI BĂTRÂN, COMPATIBIL CU VÂRSTELE STELELOR ȘI GALAXIILOR DIN EL.

③ HOYLE A REUȘIT SĂ EXPLICE APARIȚIA ELEMENTELOR GRELE ȘI A ARĂTAT CĂ ELE S-AU FORMAT PRIN FUZIUNE ÎN CENTRUL STELELOR BĂTRÂNE.

PROBLEMA NUCLEOSINTEZEI FUSESE REZOLVATĂ :

- ELEMENTELE GRELE S-AU FORMAT ÎN STELELE MURIBUNDE
- ELEMENTELE UȘOARE S-AU FORMAT CURÂND DUPĂ BIG BANG

④ ANII '60 — RADIOASTRONOMIA A DUS LA DESCOPERIREA UNOR NOI GALAXII (GALAXII TINERE ȘI CUASARI) CARE PĂREAU SĂ SE AFLE DOAR LA DISTANȚE FOARTE MARI.

ACEASTĂ DISTRIBUȚIE NEOMOGENĂ A GALAXIILOR CONTRAZICEA MODELUL STĂRII STAȚIONARE CARE PRETINDEA CĂ UNIVERSUL ERA ÎN LINII MARI PRETUTINDENI LA FEL.

ACEASTĂ OBSERVAȚIE ERA ÎNSĂ ÎN DEPLIN ACORD CU MODELUL BIG BANG.

(5) MIJLOCUL ANILOR '60 PENZIAS ŞI WILSON AU DESCOPERIT DIN ÎNTÂMPLARE RADIAŢIA CFM PREZISĂ DE ALPHER, GAMOW ŞI HERMAN ÎN 1948, ADUCÂND O DOVADĂ PUTERNICĂ ÎN FAVOAREA BIG BANG-ULUI.

ACEASTĂ DESCOPERIRE ÎNTÂMPLĂTOARE A FOST RĂSPLĂTITĂ ÎN 1978 CU PREMIUL NOBEL.

APROAPE TOŢI COSMOLOGII AU TRECUT ÎN TABĂRA BIG BANG-ULUI.

(6) 1992 - SATELITUL COBE

A DESCOPERIT UŞOARE VARIAŢII ÎN RADIAŢIA PROVENIND DIN DIFERITE PĂRŢI ALE CERULUI, CEEA CE INDICĂ UŞOARE VARIAŢII ÎN DENSITATEA UNIVERSULUI TIMPURIU CARE AU PUTUT CONSTITUI GERMENII FORMĂRII GALAXIILOR.

SCHIMBAREA PARADIGMEI DE LA UN UNIVERS ETERN LA UN UNIVERS BIG BANG S-A ÎNCHEIAT.

MODELUL BIG BANG S-A DOVEDIT A FI CORECT !

SFÂRŞIT ?

EPILOG

Dacă vrei să faci o plăcintă cu mere din nimic, trebuie întâi să creezi universul.

CARL SAGAN

Ce continuă să mă uimească e că oamenii au avut îndrăzneala să conceapă o teorie a creației și că noi am putut acum testa această teorie.

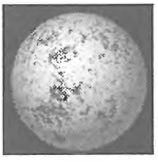
GEORGE SMOOT

Susținem că modelul big bang este în acest moment cea mai convingătoare și mai cuprinzătoare teorie fizică a cosmosului pentru că poate face predicții (îmbrățișează simultan numeroase și diverse observații astronomice) și mai ales pentru că, la fel ca orice teorie viabilă, continuă să supraviețuiască provocării testelor observaționale. [...] În cazul big bang-ului, nu numai că modelul a supraviețuit decenii de-a rândul, dar dovezile în favoarea lui au devenit tot mai puternice.

RALPH ALPHER ȘI ROBERT HERMAN

Cu zece sau douăzeci de miliarde de ani în urmă s-a întâmplat ceva — big bang-ul, evenimentul cu care a început universul nostru. De ce anume s-a întâmplat e cel mai mare mister dintre toate. Faptul că s-a întâmplat e destul de limpede.

CARL SAGAN



Modelul big bang al universului este probabil cea mai importantă realizare ştiinţifică din secolul XX. Dar el poate fi în acelaşi timp considerat un model tipic pentru felul în care a fost conceput, elaborat, explorat, testat, validat şi în cele din urmă acceptat. În aceste privinţe are multe în comun cu idei din ramuri mai puţin spectaculoase ale ştiinţei. Dezvoltarea modelului big bang este un exemplu arhetipal pentru felul în care funcţionează metoda ştiinţifică.

La fel ca multe alte domenii ale ştiinţei, cosmologia a început prin încercarea de a explica lucruri care până atunci ţinuseră de mit sau de religie. Primele modele cosmologice erau utile, dar imperfecte, iar curând au început să apară contradicţii şi imprecizii. O nouă generaţie de cosmologi a oferit un model alternativ şi a pledat în favoarea acestei perspective asupra universului, însă autorităţile ştiinţifice au apărat modelul existent. Atât autorităţile cât şi rebelii şi-au susţinut cauza prin teorie, experiment şi observaţie, lucrând uneori decenii de-a rândul pentru a înainta cu un pas, iar alteori schimbând peste noapte peisajul ştiinţific printr-o descoperire întâmplătoare. Ambele tabere au folosit din plin tehnologia cea mai avansată — de la lentile la sateliţi — în încercarea de a găsi o dovadă-cheie care să vină în sprijinul modelului lor. În cele din urmă, dovezile în favoarea noului model au devenit copleşitoare, cosmologia a trecut printr-o revoluţie, iar comunitatea ştiinţifică a abandonat vechiul model şi l-a adoptat pe cel nou. Mulţi foşti critici ai noului model şi-au schimbat convingerile, iar astfel s-a încheiat tranziţia către o altă paradigmă.

E important de observat că în majoritatea bătăliilor ştiinţifice nu a avut loc o schimbare a paradigmei. De regulă, se dovedeşte repede că un nou model ştiinţific propus e fals, iar modelul în vigoare rămâne

la locul lui, fiind cea mai bună explicare a realității. E un fapt îmbucurător, fiindcă altminteri știința și-ar revizui continuu afirmațiile și n-ar mai fi un cadru temeinic pentru explorarea și înțelegerea universului. Dar, atunci când are loc o schimbare de paradigmă, e un moment extraordinar în istoria științei.

Drumul de la vechea paradigmă la cea nouă poate dura câteva decenii și poate implica aportul a zeci de savanți. Aceasta conduce la o întrebare interesantă: cui îi revine meritul pentru noua paradigmă? Problema a fost ingenios abordată în piesa *Oxigen* de Roald Hoffmann și Carl Djerassi. Piesa pornește de la ideea de retro-Nobel, un premiu fictiv acordat în semn de recunoaștere pentru o descoperire făcută înaintea înființării Academiei Nobel. Se întrunește un comitet și ajunge repede la concluzia că premiul ar trebui acordat pentru descoperirea oxigenului. Din păcate însă, membrii comitetului nu pot cădea de acord asupra celui care are meritul descoperirii. A fost oare farmacistul suedez Carl Wilhelm Scheele, primul care a sintetizat și izolat gazul? Sau preotul englez unitarian Joseph Presley, primul care a publicat descoperirea și a oferit amănunte despre cercetările sale? Sau poate chimistul francez Antoine Lavoisier, cel care a înțeles că oxigenul nu e o simplă versiune a aerului („aer deflogisticat"*), ci un element cu desăvârșire nou ? Piesa examinează pe larg problema priorității, ducându-ne înapoi în timp pentru a permite fiecăruia să-și pledeze cauza, ceea ce dezvăluie cât de greu e să atribui cuiva o descoperire.

Dacă la întrebarea cine a descoperit oxigenul e greu de răspuns, la întrebarea cine a inventat modelul big bang e practic imposibil. Elaborarea, testarea, revizuirea și demonstrarea modelului în întregul său a presupus mai multe etape teoretice, experimentale și observaționale, fiecare cu eroii ei. Einstein are meritul de a fi explicat gravitația prin teoria relativității generale, fără de care nici un model cosmologic serios n-ar fi putut apărea. Și totuși, la început s-a opus ideii de univers în evoluție, așa încât Lemaître și Friedmann au elaborat teoria big bang-ului. Cercetările lor nu ar fi fost luate în serios dacă n-ar fi existat observațiile lui Hubble, care a demonstrat că universul se află în expansiune. Dar afirmația că Hubble merită laurii

---

* Teoria fantezistă a flogistonului (de la grecescul *phlogistón* = ardere) datează din secolul al XVII-lea și afirmă că, în afară de cele patru elemente din tradiția filozofică antică, există un al cincilea, flogistonul, conținut în corpurile inflamabile și eliberat în cursul arderii (proces de oxidare). (*N. t.*)

pentru big bang e temperată de faptul că nu a vrut să tragă nici o concluzie cosmologică din cercetările sale. Modelul big bang ar fi rămas inert dacă n-ar fi existat contribuțiile teoretice ale lui Gamow, Alpher și Herman și observațiile făcute de Ryle, Penzias, Wilson și echipa COBE. Ba chiar și Fred Hoyle, protagonistul stării staționare, a avut contribuții teoretice la nucleosinteză, dând fără să vrea un ajutor big bang-ului. Hotărât lucru, modelul big bang nu poate fi atribuit unui singur om.

De fapt, în această carte apar doar foarte puțini dintre cei care au contribuit la dezvoltarea modelului big bang, fiindcă e imposibilă o relatare completă și definitivă a disputei dintre starea staționară și big bang în doar câteva sute de pagini. Fiecare secțiune a fiecărui capitol al cărții ar trebui extinsă până la dimensiunile unui volum de sine stătător pentru a face dreptate tuturor celor care au contribuit la dezvoltarea modelului big bang.

În plus față de limitările legate de spațiu, această relatare a istoriei big bang-ului a trebuit să se conformeze și cerinței de a reduce pe cât posibil numărul ecuațiilor matematice. Matematica este limbajul științei, iar în multe cazuri o explicare deplină și riguroasă a unui concept științific nu se poate face decât printr-o descriere matematică amănunțită. Și totuși, de regulă e cu putință să faci o prezentare generală a unui concept științific folosind doar cuvinte și câteva imagini care să ilustreze aspectele esențiale. De altfel, matematicianul Carl Friedrich Gauss sublinia odată valoarea „noțiunilor, nu a notațiilor".

Dovada că teoria big bang poate fi explicată în cuvinte și imagini a apărut pe 24 aprilie 1992. A doua zi după conferința de presă despre COBE, prima pagină a ziarului *The Independent* rezuma toate elementele esențiale ale modelului big bang într-o diagramă simplă, prezentată aici în figura 103. Unele valori pentru timp și temperatură diferă de cele menționate în capitolele anterioare, pentru că teoria și observațiile au evoluat din 1992. Cifrele sunt încă doar aproximative, dar au fost în mare măsură acceptate de cosmologii zilelor noastre.

Diagrama din *The Independent* rezumă sistematic cunoștințele noastre actuale despre universul big bang. Întâi de toate, după cum apare în legendă, „întreaga materie și energie era condensată într-un punct", iar apoi a avut loc un atotputernic big bang. Termenul „big bang" implică un fel de explozie; analogia nu e cu totul nepotrivită, exceptând faptul că big bang-ul nu a fost o explozie *în* spațiu, ci o explozie *a* spațiului. Spațiul și timpul au fost create în momentul big bang-ului.

Figura 103 În Anglia, descoperirea datorată satelitului COBE a dominat prima pagină a ziarului *The Independent* pe data de 24 aprilie 1992. Ziarul anunța variația radiației CFM ca pe suprema confirmare a modelului big bang, explicat cu ajutorul unei diagrame.

THE INDEPENDENT

How the universe began

SUMMARY

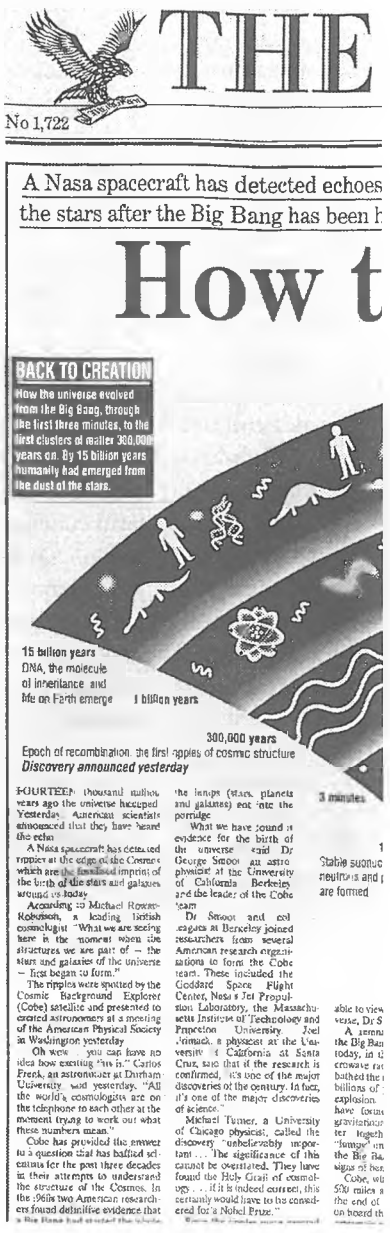
Bosnia ceasefire crumbles

De Klerk concession on hand-over

Film maker Satyajit Ray dies

DO TIPSY ELEPHANTS SEE PINK PEOPLE?

WORLD



THE

No 1,722

A Nasa spacecraft has detected echoes

the stars after the Big Bang has been h

How t

BACK TO CREATION

How the universe evolved from the Big Bang, through the first three minutes, to the first clusters of matter 300,000 years on. By 15 billion years humanity had emerged from the dust of the stars.

15 billion years

DNA, the molecule of inheritance and life on Earth emerge

1 billion years

300,000 years

Epoch of recombination: the first ripples of cosmic structure

Discovery announced yesterday

3 minutes

FOURTEEN thousand million years ago the universe hiccuped Yesterday American scientists announced that they have heard the echo

A Nasa spacecraft has detected ripples at the edge of the Cosmos which are the fossil imprint of the birth of the stars and galaxies around us today

According to Michael Rowan-Robinson, a leading British cosmologist "What we are seeing here is the moment when the structures we are part of – the stars and galaxies of the universe – first began to form."

The ripples were spotted by the Cosmic Background Explorer (Cobe) satellite and presented to excited astronomers at a meeting of the American Physical Society in Washington yesterday

Oh wow you can have no idea how exciting this is," Carlos Frenk, an astronomer at Durham University, said yesterday. "All the world's cosmologists are on the telephone to each other at the moment trying to work out what these numbers mean."

Cobe has provided the answer to a question that has baffled scientists for the past three decades in their attempts to understand the structure of the Cosmos. In the 1960s two American researchers found definitive evidence that

the lumps (stars, planets and galaxies) existing the porridge

What we have found is evidence for the birth of the universe said Dr George Smoot an astrophysicist at the University of California Berkeley and the leader of the Cobe team

Dr Smoot and colleagues at Berkeley joined researchers from several American research organisations to form the Cobe team. These included the Goddard Space Flight Center, Nasa's Jet Propulsion Laboratory, the Massachusetts Institute of Technology and Princeton University. Joel Primack, a physicist at the University of California at Santa Cruz, said that if the research is confirmed, it's one of the major discoveries of the century. In fact, it's one of the major discoveries of science."

Michael Turner, a University of Chicago physicist, called the discovery "unbelievably important . . . The significance of this cannot be overstated. They have found the Holy Grail of cosmology . . . If it is indeed correct, this certainly would have to be considered for a Nobel Prize."

Stable suonuc
neutrons and
are formed

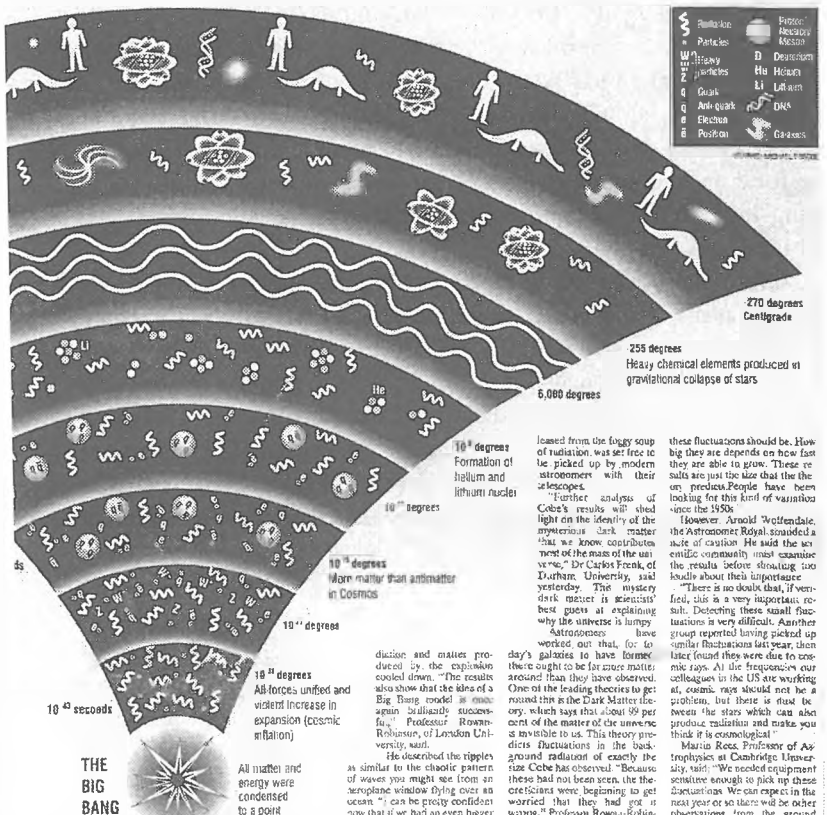
able to view
verse, Dr S
A genera
the Big Ban
today, in t
cromave ra
bathed the
billions of
explosion.
have foun
gravitatio
ter togeth
"lumps" in
the Big Ba
signs of bir
Cobe, wh
500 miles a
the end of
on board th

NDEPENDENT

FRIDAY 24 APRIL 1992 *** Published in London 40

axies' birth fourteen thousand million years ago. The discovery about the formation of
xcited scientists as the Holy Grail of cosmology. **Susan Watts** and **Tom Wilkie** report

e universe began



perature of the radiation, which measures 270C below zero. These

matter, the scientists said yesterday. The smallest ripples the sat-

diation and matter produced by the explosion cooled down. "The results also show that the idea of a Big Bang model is once again brilliantly successful," Professor Rowan-Robinson, of London University, said.

He described the ripples as similar to the chaotic pattern of waves you might see from an aeroplane window flying over an ocean "... can be pretty confident now that if we had an even bigger telescope in space we could see the fluctuations that are the early signs of individual galaxies themselves. It's just a matter of tech-

leased from the foggy soup of radiation, was set free to be picked up by modern astronomers with their telescopes.

"Further analysis of Cobe's results will shed light on the identity of the mysterious dark matter that we know contributes most of the mass of the universe," Dr Carlos Frenk, of Durham University, said yesterday. The mystery dark matter is scientists' best guess at explaining why the universe is lumpy.

Astronomers have worked out that, for today's galaxies to have formed, there ought to be far more matter around than they have observed. One of the leading theories to get round this is the Dark Matter theory, which says that about 99 per cent of the matter of the universe is invisible to us. This theory predicts fluctuations in the background radiation of exactly the size Cobe has observed. "Because these had not been seen, the theoreticians were beginning to get worried that they had got it wrong," Professor Rowan-Robinson said.

"If Cobe had found no ripples the theoreticians would have been in disarray; their best shot at

these fluctuations should be. How big they are depends on how fast they are able to grow. These results are just the size that the theory predicts. People have been looking for this kind of variation since the 1950s.

However, Arnold Wolfendale, the Astronomer Royal, sounded a note of caution. He said the scientific community must examine the results before shouting too loudly about their importance.

"There is no doubt that, if verified, this is a very important result. Detecting these small fluctuations is very difficult. Another group reported having picked up similar fluctuations last year, then later found they were due to cosmic rays. All the frequencies our colleagues in the US are working at, cosmic rays should not be a problem, but there is dust between the stars which can also produce radiation and make you think it is cosmological."

Martin Rees, Professor of Astrophysics at Cambridge University, said: "We needed equipment sensitive enough to pick up these fluctuations. We can expect in the next year or so there will be other observations from the ground corroborating this."

He said the results opened up a whole new area of astronomy. "Now we have seen them we can

Într-o secundă, universul ultra-fierbinte s-a extins şi s-a răcit spectaculos, temperatura scăzând de la câteva bilioane de grade la câteva miliarde de grade. Universul era alcătuit în principal din protoni, neutroni şi electroni, scăldaţi cu toţii într-un ocean de lumină. În următoarele câteva minute, protonii, adică nucleele de hidrogen, au reacţionat cu neutronii formând nuclee uşoare cum e cel de heliu. Raportul dintre hidrogen şi heliu din univers a fost în mare măsură stabilit în timpul acestor câteva minute şi e în acord cu cel observat în prezent.

Universul a continuat să se extindă şi să se răcească. Era acum alcătuit din nuclee simple, electroni de mare energie şi o imensă cantitate de lumină, toţi aceşti ingredienţi ciocnindu-se neîncetat între ei. După aproximativ 300 000 de ani, universul devenise suficient de rece pentru ca electronii să fie încetiniţi şi să se ataşeze nucleelor alcătuind astfel atomi. Aceasta a împiedicat ciocnirile repetate ale particulelor de lumină, care de atunci călătoresc prin univers aproape nestânjenite. Lumina aceasta a căpătat numele de radiaţie cosmică de fond de microunde (CFM), fiind un fel de ecou luminos al big bang-ului. Prezisă de Gamow, Alpher şi Herman, ea a fost detectată de Penzias şi Wilson.

Graţie măsurătorilor de mare precizie ale satelitului COBE asupra radiaţiei CFM ştim acum că, pe când universul avea vârsta de 300 000 de ani, existau regiuni cu densitate uşor mai mare decât densitatea medie. Treptat, aceste regiuni au atras mai multă materie şi au devenit şi mai dense, astfel încât, pe când universul avea vârsta de aproximativ un miliard de ani, primele stele şi galaxii se formaseră deja. Reacţiile nucleare declanşate în interiorul stelelor au dus la apariţia elementelor de greutate medie, iar elementele cele mai grele au fost create în condiţiile intense din spasmele morţii violente a stelelor. Graţie unor elemente formate în stele, precum carbonul, oxigenul, azotul, fosforul sau potasiul, a fost în cele din urmă posibilă apariţia vieţii.

Şi iată-ne ajunşi în prezent, după 15 miliarde de ani (plus sau minus câteva miliarde de ani, în privinţa acestei cifre nu s-a ajuns încă la un consens). Partea de sus a diagramei din ziar, în care sunt reprezentaţi oamenii, e oarecum flatantă fiindcă exagerează locul pe care îl ocupăm în istoria universului. Deşi viaţa există de Pământ de câteva miliarde de ani, oamenii au apărut abia de vreo sută de mii de ani. Dacă istoria universului ar fi reprezentată printr-o linie a timpului unind

vârfurile degetelor unui om care stă cu brațele întinse, ar fi de ajuns să-și taie o unghie pentru a face să dispară întreaga existență umană.

E important de reținut că istoria creației și a evoluției e susținută cu dovezi puternice. Fizicieni precum Gamow, Alpher și Herman au efectuat calcule amănunțite, au estimat condițiile din universul timpuriu și au făcut predicții în privința amprentelor pe care acesta le-ar fi putut lăsa asupra universului de azi — raportul dintre hidrogen și heliu și radiația CFM. După cum spunea fizicianul Steven Weinberg, laureat al premiului Nobel, modelul big bang nu e o simplă speculație : „Greșeala noastră nu e că luăm teoriile prea în serios, ci că nu le luăm în serios pe cât s-ar cuveni. E de fiecare dată greu de înțeles că aceste numere și ecuații cu care ne jucăm pe masa noastră de lucru au o legătură cu lumea reală. Mai mult, uneori își face loc opinia generală după care anumite fenomene nu sunt subiecte potrivite pentru eforturile teoreticienilor și experimentatorilor respectabili. Gamow, Alpher și Herman au în primul rând meritul de a fi luat în serios universul timpuriu și de a fi găsit ce anume aveau de spus legile cunoscute ale fizicii în privința primelor trei minute."

Când un ziar e gata să expună pe prima pagină un model cosmologic, avem dovada grăitoare că, după cum ar fi spus Arthur Eddington, modelul big bang a trecut din atelierul teoretic în salonul de prezentare al științei. Dar asta nu înseamnă că modelul e încheiat și bine lustruit, fiindcă vor apărea mereu noi aspecte importante și detalii care trebuie să-și găsească locul. Restul acestui epilog e dedicat unor probleme ce au rămas nerezolvate. E imposibil ca în câteva paragrafe să cuprinzi subtilitatea, profunzimea și importanța acestor probleme, dar cele ce urmează vor să demonstreze că, deși în linii mari modelul big bang s-a dovedit a fi corect, va mai trece mult timp până când la ajutoarele de șomaj să se înghesuie o puzderie de cosmologi redundanți.

Știm, de pildă, că galaxiile din zilele noastre au fost însămânțate de variații ale densității din univers pe când acesta avea aproximativ 300 000 de ani, dar ce anume a provocat aceste variații ale densității? De asemenea, conform relativității generale a lui Einstein, spațiul poate fi plat, curbat spre interior sau curbat spre exterior. Într-un univers plat, o rază de lumină călătorește în linie dreaptă la nesfârșit, la fel cum se rostogolește o bilă pe o suprafață plată, fără frecare; în schimb, într-un univers curb, raza poate urma o traiectorie circulară, întorcându-se în punctul din care a plecat, la fel ca un avion care zboară

deasupra ecuatorului. Conform observațiilor astronomice, universul nostru pare să fie plat, așa încât se pune întrebarea: de ce e universul nostru plat, când ar putea fi curbat?

O posibilă explicație atât pentru originea variațiilor, cât și pentru faptul că universul e plat este dată de teoria *inflației*, propusă în 1979 de Alan Guth. Când i-a venit ideea inflației cosmice, Guth a fost atât de uimit încât a notat în jurnalul lui: „ÎNȚELEGERE SPECTACULOASĂ". Nu exagerase cu nimic, fiindcă inflația pare să fie un prețios adaos la modelul big bang. Există mai multe versiuni ale inflației, dar în esență teoria propune o scurtă și colosală fază de expansiune în chiar primele momente ale universului, sfârșind poate după numai 10^{-35} secunde. În cursul acestei perioade de inflație, dimensiunea universului s-a dublat la fiecare 10^{-37} secunde, ceea ce înseamnă că au avut loc aproximativ o sută de dublări. Poate să nu vi se pară mult, dar o celebră poveste ne arată puterea dublării.

Povestea spune că un vizir din Persia l-a întrebat pe sultan dacă nu vrea să-l plătească în boabe de orez, așa încât pe primul pătrățel al unei table de șah să fie 1 bob, pe al doilea 2, apoi 4, 8, 16 și așa mai departe. Sultanul a fost de acord, gândindu-se că până la urmă cantitatea va fi neglijabilă, dar a dat faliment fiindcă pe ultimul pătrățel de pe tabla de șah trebuiau să fie 9 223 372 036 854 775 808 de boabe. Făcând suma pentru toate pătrățelele obținem un număr aproape dublu, care depășește cu mult producția mondială de orez din zilele noastre.

Prin urmare, într-o clipă inflația a dilatat enorm universul, lăsând apoi locul expansiunii mai domoale pe care o observăm azi. Deși a durat doar 0,00000000000000000000000000000000001 secunde, inflația a avut o influență esențială asupra dezvoltării universului. La început, în universul nou-născut existau doar neînsemnate variații în densitate, dar inflația le-a accentuat, conducând la variațiile despre care astronomii știu că au existat după 300 000 de ani. Aceste variații, în particular „cocoloașele" de densitate mai mare, au fost germenii formării galaxiilor.

Altă consecință a inflației e că un univers care n-a fost plat înainte de inflație a devenit în urma ei aproape perfect plat. Suprafața unei bile de biliard nu e, desigur, plată, dar, dacă îi dublăm dimensiunea de 27 de ori, va deveni la fel de mare ca Pământul. Și suprafața Pământului e curbă, dar în mult mai mică măsură decât o bilă de biliard, iar la scara umană pare să fie plată. În mod asemănător, un univers

supus inflației dă impresia că e plat, ceea ce constată astronomii în zilele noastre.

În afară de răspunsul la întrebările privind variațiile densității și forma plată, inflația ar putea lămuri și un alt mister. Când astronomii privesc cerul în direcții diametral opuse, regiuni despărțite prin mai bine de 20 de miliarde de ani-lumină par să fie foarte asemănătoare. Cosmologii se așteptau la deosebiri mult mai mari între asemenea regiuni îndepărate, dar inflația poate explica de ce lucrurile nu stau așa. Două regiuni din univers puteau să fi fost foarte aproape una de alta înaintea inflației, astfel încât să fie foarte asemănătoare datorită apropierii. Apoi, după formidabila expansiune a inflației, s-au aflat brusc separate de o mare distanță, dar asemănările inițiale s-au păstrat fiindcă separarea a avut loc foarte repede.

Teoria inflației propusă de Guth se află încă într-un stadiu incipient, dar mulți cosmologi cred că în scurt timp va fi încorporată în modelul big bang. Jim Peebles spunea : „Dacă inflația e falsă, atunci Dumnezeu a ratat o șmecherie formidabilă! Inflația e o idee frumoasă. Există totuși multe alte idei frumoase pe care natura s-a hotărât să nu le folosească, așa că n-ar trebui să ne lamentăm prea mult dacă e falsă."

Alt lucru care îi ține treji pe cosmologi este *materia întunecată*. Observațiile arată că stelele ce se rotesc la periferia galaxiilor au viteze uriașe, iar atracția gravitațională a tuturor stelelor aflate mai aproape de centrul galaxiei nu e suficientă pentru a împiedica stelele periferice să fie azvârlite în cosmos. Cosmologii cred deci că ar trebui să existe mari cantități de materie întunecată în galaxie, materie care nu strălucește, dar exercită o atracție gravitațională suficientă pentru a menține stelele pe orbitele lor. Deși ideea de materie întunecată a fost lansată de Zwicky la Mount Wilson în anii '30, cosmologii încă nu au căzut de acord asupra naturii ei, ceea ce e destul de neplăcut, din moment ce calculele arată că în univers există mai multă materie întunecată decât materie stelară obișnuită.

Unii dintre candidații pentru materia întunecată sunt așa-numitele *obiecte halo compacte masive* (*massive compact halo objects* — MACHO), categorie ce include găurile negre, asteroizii și planetele-gigant precum Jupiter. Nu vedem asemenea obiecte în galaxie fiindcă ele nu strălucesc, dar pot contribui la atracția gravitațională. Alți candidați pentru materia întunecată sunt *particulele masive care interacționează slab* (*weakly interacting massive particles* — WIMP),

diferite tipuri de particule care nu alcătuiesc obiecte, cum e cazul MACHO, dar se află pretutindeni în univers şi nu-şi fac simţită prezenţa decât prin forţa gravitaţională.

Deocamdată avem doar indicii vagi asupra naturii şi cantităţii materiei întunecate din univers, ceea ce creează cosmologilor mari probleme, fiindcă fără o bună înţelegere a materiei întunecate modelul big bang rămâne incomplet. De pildă, influenţa gravitaţională a materiei întunecate trebuie să fi jucat un rol important în atracţia exercitată asupra materiei obişnuite în etapele timpurii ale universului, ajutând astfel la formarea galaxiilor.

Apoi, la celălalt capăt al liniei timpului, materia întunecată ar putea juca un rol decisiv în privinţa soartei universului. De la big bang încoace universul s-a extins neîncetat, dar întreaga masă a universului atrage materia spre interior şi încetineşte treptat expansiunea. Aceasta conduce la trei scenarii posibile pentru viitor, care au fost propuse de Aleksandr Friedmann în anii '20. În primul, universul se extinde la nesfârşit, dar într-un ritm tot mai lent. În al doilea, universul îşi încetineşte treptat expansiunea, aşa încât, când timpul tinde la infinit, viteza tinde spre zero. În al treilea, universul încetineşte, se opreşte şi începe să se contracte, ajungând la marea implozie (*big crunch*). Prin urmare, viitorul universului depinde de atracţia gravitaţională din interiorul lui, care depinde de masa universului, care la rândul ei depinde de cantitatea de materie întunecată din univers.

În prezent e luat în considerare şi un al patrulea scenariu posibil. La sfârşitul anilor '90, astronomii şi-au îndreptat telescoapele asupra unei categorii de supernove ce poartă numele de Tipul Ia. Acestea sunt supernove foarte strălucitoare şi pot fi văzute chiar dacă erup în galaxii îndepărtate. Supernovele de Tipul Ia prezintă de asemenea avantajul că au o strălucire variabilă care poate fi folosită pentru a etalona distanţa până la ele, deci distanţa până la galaxiile care le conţin. Şi, prin metode spectroscopice, se poate măsura viteza cu care se îndepărtează. Pe măsură ce astronomii studiau tot mai multe supernove de Tipul Ia, măsurătorile lor păreau să indice faptul că universul se extinde într-un ritm din ce în ce mai mare. Aşa încât, în loc ca expansiunea universului să fie încetinită, ea pare să fie accelerată. E ca şi cum universul s-ar destrăma. Forţa de respingere care determină această expansiune accelerată rămâne un mister şi a primit numele de *energie întunecată*.

Cu scurta perioadă violentă de inflație, cu bizara materie întunecată și cu enigmatica energie întunecată, noul univers big bang al secolului XXI e într-adevăr un loc ciudat. S-ar părea că eminentul savant J.B.S. Haldane a avut dreptate când a scris în 1937: „Am impresia că universul nu e doar mai straniu decât bănuim, ci mai straniu decât putem bănui."

Lămurirea deplină a misterelor ce persistă în legătură cu big bang-ul va presupune un atac pe trei fronturi — teoria, experimentele de laborator și, mai important decât toate, observațiile astronomice mai bune. De exemplu, satelitul COBE și-a încheiat misiunea științifică pe 23 decembrie 1993 și a fost înlocuit de sateliți cu detectori superiori, cum ar fi WMAP, ale cărui rezultate apar în figura 104. Sateliți și mai buni au fost deja proiectați, iar la sol vor fi construite radiotelescoape mai sensibile, telescoape optice mai puternice și vor fi efectuate experimente de laborator care să pună în evidență semne ale materiei întunecate.

Observațiile viitoare vor pune în discuție modelul big bang, îl vor testa și îl vor completa. Ele ar putea duce la o revizuire a estimărilor privind vârsta universului, ar putea diminua influența materiei întunecate în univers sau ar putea umple unele goluri din cunoștințele noastre, dar cosmologii sunt în general de acord că vor fi doar modificări de detaliu la schema de ansamblu a modelului big bang și nu o schimbare de paradigmă către un model cu totul nou. Această opinie e susținută și de Ralph Alpher și Robert Herman în *Geneza big bang-ului*, publicată în 2001: „Deși multe întrebări din cosmologie au rămas încă fără răspuns, modelul big bang se află într-o formă destul de bună. E cert că studiile teoretice și observațiile viitoare vor aduce cel puțin unele reglaje fine, dar acum, după ce au trecut mai bine de 50 de ani, nu credem că modelul se va dovedi fundamental eronat. Am vrea să ne putem întoarce peste alți 50 de ani să vedem ce va fi devenit."

Deși majoritatea cosmologilor sunt de acord cu Alpher și Herman, trebuie spus că big bang-ul își are încă unii critici încăpățânați, care continuă să prefere ideea de univers etern. Când modelul stării staționare a devenit caduc, câțiva dintre susținătorii lui au elaborat o versiune modificată, modelul stării cvasi-staționare. Cosmologii care continuă să împărtășească această perspectivă minoritară sunt mândri de rolul lor de oponenți la ortodoxia big bang-ului. În 2001, Fred Hoyle a murit păstrând ferma convingere că modelul stării cvasi-staționare

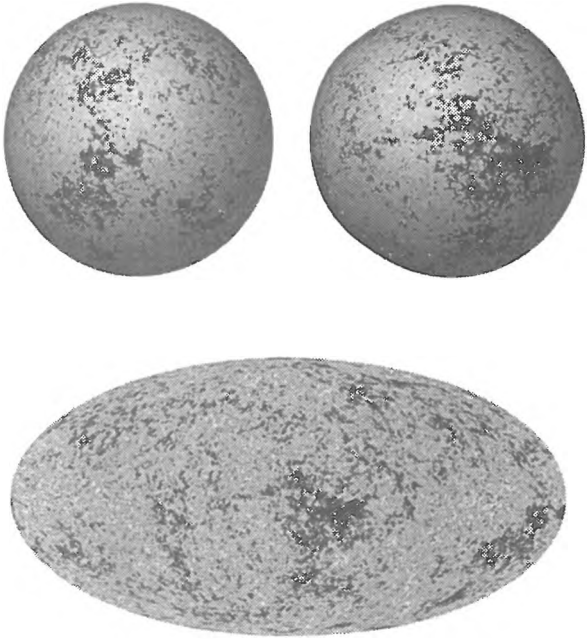


Figura 104 Satelitul WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe – Sonda Wilkinson pentru Anizotropia Microundelor) a fost proietat să măsoare radiația CFM cu o rezoluție de 35 de ori mai bună decât satelitul COBE. Observațiile sale au fost transformate în hărți care au fost obținute în 2003 și sunt prezentate aici. Harta turtită de jos e echivalentul hărților COBE din figura 102. Ea poate fi înfășurată pentru a se obține o sferă, iar sus se văd cele două părți opuse ale sferei. Trebuie să ne închipuim satelitul WMAP în centrul sferei înregistrând variațile radiației CFM de-a lungul cerului.

Datele obținute de WMAP au permis măsurarea unor parametri ai universului cu o precizie fără precedent. Echipa WMAP a estimat vârsta universului la 13,7 miliarde de ani, cu o eroare de doar 0,2 miliarde de ani. S-a calculat de asemnea că universul conține 23% materie întunecată, 73% energie întunecată și 4% materie obișnuită. În plus, dimensiunea variațiilor e compatibilă cu ce se așteaptă astronomii să vadă presupunând că a existat o fază inflaționară în universul timpuriu.

e corect, iar modelul big bang e fals. În autobiografia sa, Hoyle scrie: „A pretinde, aşa cum fac mulţi partizani ai modelului big bang, că am ajuns la graniţele teoriei corecte mi se pare pură aroganţă. Dacă mi s-a întâmplat şi mie să cad în capcana asta, a fost în scurte momente când m-am lăsat orbit de încrederea în mine, urmate inevitabil de o cumplită răzbunare." Asemenea sfidare face parte din ştiinţă şi n-ar trebui niciodată descurajată. La urma urmelor, însuşi modelul big bang a fost consecinţa unei revolte împotriva autorităţilor academice.

Resentimentele lui Hoyle faţă de modelul big bang au fost probabil atenuate de faptul că, prin numele pe care i l-a dat, el a fost acela care l-a fixat în conştiinţa publicului. „Big bang" s-a dovedit a fi un titlu scurt, sugestiv şi memorabil pentru o teorie a creaţiei, deşi a fost inventat de cel mai mare adversar al ei. Dacă unor cosmologi le place tonul jurnalistic al sintagmei „big bang", alţii se plâng că pare nepotrivit pentru un concept atât de măreţ. Până şi personajele de benzi desenate Calvin şi Hobbes, create de Bill Watterson, au pus problema într-un episod apărut pe 21 iunie 1992. Calvin îi spune lui Hobbes: „Am citit despre începutul universului. I-au zis «big bang». Nu-i ciudat că savanţii ăştia pot să-şi închipuie cum toată materia din univers a explodat dintr-un punct mai mic decât un vârf de ac, dar nu-s în stare să găsească un nume mai bun decât «big bang»? Asta e problema cu ştiinţa. O bandă de empirişti încearcă să descrie lucruri neînchipuit de frumoase." Calvin merge mai departe şi propune „*The Horrendous Space Kablooie*!"* ca titlu alternativ, nume pe care de fapt cosmologii l-au şi folosit pentru o vreme, prescurtându-l uneori prin HSK.

În anul următor, revista *Sky & Telescope* a organizat un concurs pentru a înlocui denumirea „big bang", dar prestigiosul juriu alcătuit din Carl Sagan, Hugh Downs şi Timothy Ferris nu a fost impresionat de nici una din propuneri. Printre variante se numărau „Hubble Bubble", „Bertha D. Universe"** şi „SAGAN" ("*Scientists Awestruck by God's Awesome Nature*" — „savanţi venerând firea cumplită a lui

---

* În argou, *kablooie* înseamnă explozie, deci traducerea ar fi „cutremurătoarea bubuitură a spaţiului". (*N. t.*)

** *Bubble* (balon) e pus aici să rimeze cu numele astronomului; Bertha trimite la celebrul tun german din Primul Război Mondial, iar D vine probabil de la efectul Doppler, prin care a fost pusă în evidenţă expansiunea universului. (*N. t.*)

Dumnezeu"). Concluzia a fost că nici una din cele 13 099 de propuneri venind din 41 de țări nu era mai bună decât eticheta „big bang" pusă de Hoyle în semn de dispreț.

Modelul big bang face acum parte din cultura noastră. Pentru o întreagă generație, modelul big bang este cel care explică creația, evoluția și istoria universului și nu ne putem închipui această teorie purtând alt nume.

Chiar și Biserica a început să îndrăgească modelul big bang. De când papa Pius al XII-lea a susținut big bang-ul, Biserica Catolică a tolerat această perspectivă științifică asupra creației. A renunțat la pretenția că Biblia explică *ad litteram* universul. Aceasta s-a dovedit a fi o foarte pragmatică schimbare de atitudine. În trecut, Dumnezeu era mâna călăuzitoare din spatele tuturor misterelor universului, de la erupții vulcanice la asfințitul soarelui, dar treptat știința a găsit explicații raționale și naturale pentru aceste fenomene. Chimistul Charles Coulson a născocit termenul „Dumnezeul golurilor" pentru a sublinia că o divinitate ce se presupune a fi răspunzătoare de tot ce se află dincolo de înțelegerea noastră își pierde din putere pe măsură ce știința umple golurile din cunoaștere. Acum, Biserica Catolică se îndreaptă spre lumea spirituală și lasă științei misiunea de a explica lumea naturală, astfel încât nici o descoperire viitoare nu poate știrbi ceva din statutul lui Dumnezeu. Știința și religia pot trăi alături independent.

Pentru a întări această independență, papa Ioan-Paul al II-lea declara în 1988: „Creștinismul își găsește temeiul în sine însuși și nu așteaptă sprijinul științei." Apoi, în 1992, Vaticanul a recunoscut chiar că săvârșise o greșeală persecutându-l pe Galilei. Susținerea modelului heliocentric fusese considerată o erezie fiindcă, după cum spune Biblia: „Dumnezeu a așezat pământul pe temeliile lui și niciodată nu se va clătina." Însă, după o cercetare care a durat treizeci de ani, cardinalul Paul Poupard a anunțat că teologii din vremea procesului lui Galilei „n-au reușit să surpindă profunda semnificație nonliterală a Scripturilor când prezintă structura fizică a universului". În 1999, papa a pus capăt în chip simbolic conflictului vechi de secole dintre religie și cosmologie când a făcut un turneu în Polonia sa natală și a vizitat locul unde s-a născut Copernic, lăudând anume realizările lui științifice.

Încurajați poate de această toleranță a Bisericii, unii cosmologi s-au hotărât să cerceteze implicațiile filozofice ale modelului big bang.

De pildă, modelul spune că universul s-a născut dintr-o supă primordială fierbinte și densă și s-a transformat în toată această gamă largă de galaxii, stele, planete și forme de viață din zilele noastre. A fost oare un lucru inevitabil, sau putea universul fi altfel? Astronomul Regal Martin Rees își pune această problemă în cartea *Doar șase numere*.* El arată acolo că structura universului depinde în ultimă instanță de doar șase parametri, între care intensitatea gravitației. Savanții pot măsura valoarea fiecăruia dintre acești șase parametri, de unde cele șase numere din titlul cărții. Rees se întreabă cum s-ar fi schimbat lucrurile dacă aceste numere ar fi luat alte valori când universul a fost creat. De pildă, dacă numărul asociat gravitației ar fi fost mai mare, atunci forța gravitațională ar fi fost mai puternică, deci stelele s-ar fi format mai repede.

Unul din numere, notat de Rees cu ε, reflectă intensitatea forței nucleare tari, care ține legați laolaltă protonii și neutronii din nucleele atomice. Cu cât ε e mai mare, cu atât legătura e mai puternică. Măsurătorile arată că ε = 0,007, ceea ce e un mare noroc, fiindcă, dacă ar fi diferit puțin, consecințele ar fi fost catastrofale. Dacă ε = 0,006, legătura nucleară ar fi fost ceva mai slabă și ar fi fost imposibilă fuziunea hidrogenului în deuteriu. Acesta e primul pas în formarea heliului și a tuturor elementelor mai grele. De fapt, dacă ε = 0,006, universul n-ar fi conținut decât hidrogen, iar nici un fel de viață n-ar fi fost cu putință. Dacă în schimb ε = 0,008, legătura nucleară ar fi fost ceva mai puternică și hidrogenul s-ar fi transformat prea repede în deuteriu și heliu — atât de repede încât hidrogenul ar fi dispărut încă din faza timpurie a big bang-ului și n-ar mai fi rămas pentru a asigura combustia stelelor. Din nou, viața n-ar fi avut nici o șansă.

Rees examinează celelalte cinci numere care definesc universul și arată că modificarea oricăruia dintre ele ar fi afectat grav evoluția universului. De fapt, unele dintre aceste numere sunt și mai sensibile la modificare decât ε. Dacă ar fi fost foarte puțin diferite de valorile pe care le măsurăm, atunci universul ar fi fost steril sau s-ar fi distrus pe sine imediat după naștere.

Prin urmare, s-ar părea că aceste șase numere au fost reglate pentru a permite viața. E ca și cum șase potențiometre ar fi fost potivite cu atenție pentru a crea condițiile necesare ca noi să existăm. Eminentul

* Vezi ediția românească, Humanitas 1999. (*N. t.*)

fizician Freeman Dyson spunea: „Cu cât cercetez universul și detaliile arhitecturii lui, cu atât găsesc mai multe dovezi că universul trebuie să fi știut cumva că noi vom apărea."

Ajungem astfel din nou la principiul antropic, menționat în capitolul 5 și folosit de Hoyle pentru a înțelege cum a fost creat carbonul în interiorul stelelor. Principiul antropic afirmă că orice teorie cosmologică trebuie să țină seama de faptul că universul a evoluat așa încât să facem și noi parte din el. Acesta ar trebui să fie un element important în cercetarea cosmologică.

Filozoful canadian John Leslie și-a imaginat un scenariu cu un pluton de execuție pentru a lămuri principiul antropic. Închipuiți-vă că ați fost acuzat de trădare, ca vă aflați în fața unui pluton de douăzeci de soldați și așteptați să fiți executat. Auziți comanda „foc", vedeți cum trag cele douăzeci de puști — iar apoi vă dați seama că nici un glonț nu v-a atins. Legea spune că în acest caz sunteți liber, dar în timp ce vă îndreptați spre libertate începeți să vă mirați că sunteți în viață. Toate gloanțele și-au ratat ținta din pur noroc? Lucrul ăsta se întâmplă o dată la zece mii de execuții și totul a ținut de șansă? Sau există un motiv pentru care ați supraviețuit? Toți cei douăzeci de membri ai plutonului de execuție au tras alături fiindcă bănuiau că sunteți nevinovat? Sau poate cătarea puștilor fusese reglată cu o seară în urmă așa încât să tragă cu 10° la dreapta față de punctul ochit? Puteți trăi toată viața cu gândul că ratarea execuției a fost doar o chestiune de noroc, dar e greu să nu vedeți o semnificație mai profundă în faptul că ați supraviețuit.

În mod asemănător, pare să fie o mare șansă că cele șase numere ce caracterizează universul au tocmai acele valori care permit apariția vieții. Prin urmare, ignorăm problema și ne considerăm foarte norocoși sau căutăm un anume înțeles în extraordinara noastră șansă?

Conform versiunii extreme a principiului antropic, reglajul fin al universului care a permis evoluția vieții e un indiciu cu privire la existența cuiva care a făcut reglajul. Cu alte cuvinte, principiul antropic poate fi interpretat ca o dovadă pentru existența lui Dumnezeu. Putem însă privi lucrurile și altfel, considerând că universul nostru este o parte a unui *multivers*. Definiția din dicționar pentru univers spune că el cuprinde totul, dar cosmologii tind să definească universul ca pe mulțimea acelor lucruri pe care le putem observa sau care ne pot influența. Pornind de la această definiție, ar putea exista multe alte

universuri separate și izolate, fiecare definit prin propriul său set de șase numere. Multiversul ar fi deci alcătuit din numeroase universuri diferite, poate o infinitate de universuri. În majoritate covârșitoare ele ar fi sterile sau ar avea o viață scurtă, sau ambele, dar câteva doar ar oferi, din pură șansă, un mediu propice dezvoltării vieții. Evident, se întâmplă ca noi să locuim într-unul din universurile care au condus la apariția vieții.

„Cosmosul seamănă poate cu un magazin cu haine de gata", spune Rees. „Dacă magazinul are un stoc mare, nu ne surprinde că găsim un costum care ni se potrivește. La fel, dacă universul nostru e selectat dintr-un multivers, trăsăturile sale aparent proiectate sau fin reglate n-ar trebui să ne surprindă."

Această întrebare — a fost universul nostru proiectat anume pentru viață sau e universul norocos dintr-un multivers în general nenorocos? — se află la limita speculației științifice și face obiectul unei dezbateri aprinse în rândul cosmologilor. Singura întrebare care depășește amploarea ei metafizică este cea mai grea întrebare dintre toate: ce a fost înainte de big bang?

Până acum, modelul big bang s-a limitat la descrierea felului în care cosmosul observabil în zilele noastre a apărut dintr-o stare densă și fierbinte, cu miliarde de ani în urmă. Până unde extindem modelul big bang înapoi în timp depinde de includerea unor elemente cum ar fi faza inflaționară timpurie sau cele mai recente teorii din fizica particulelor, care susțin că pot descrie universul pe când avea temperatura de 10^{32} grade Celsius și era în vârstă de doar 10^{-43} secunde.

Dar ce s-a întâmplat în chiar momentul creației și ce anume a provocat-o sunt întrebări rămase fără răspuns. Gamow a anulat aceste probleme când a fost întrebat de critici ce scop au cercetările sale. La a doua ediție a cărții de popularizare *Creația universului* a adăugat o explicație:

> În legătură cu obiecțiile ridicate de unii recenzenți privind folosirea cuvântului „creație", trebuie spus că autorul înțelege acest termen nu în sensul de „a face ceva din nimic", ci de „a face ceva care are o formă din ceva inform", ca în expresia „ultima creație a modei pariziene".

Neputința de a spune ce a fost înainte de big bang provoacă dezamăgire, dar nu distruge cosmologia. În cel mai rău caz, modelul big

bang ar rămâne valabil, însă incomplet, ceea ce l-ar aşeza pe picior de egalitate cu multe alte teorii ştiinţifice. Biologii sunt departe de a explica cum a apărut viaţa, dar asta nu aduce în discuţie valabilitatea teoriei evoluţiei prin selecţie naturală sau noţiunile de gene şi ADN. Cosmologii trebuie totuşi să recunoască faptul că se află într-o situaţie mai rea decât biologii. Avem toate motivele să credem că legile standard ale chimiei aşa cum le înţelegem noi se află în spatele construcţiei primei celule şi a primei molecule de ADN, în schimb nu e deloc limpede că legile cunoscute ale fizicii au fost valabile în momentul creaţiei cosmice. Când dăm ceasul înapoi şi ne apropiem de momentul zero al timpului, s-ar părea că întreaga materie şi energie au fost concentrate într-un singur punct, ceea ce pune o problemă gravă legilor fizicii. În momentul creaţiei, universul pare să se fi aflat într-o stare nefizică numită *singularitate.*

Chiar dacă într-un fel sau altul cosmologii ar reuşi să stăpânească fizica singularităţii, mulţi dintre ei afirmă că la întrebarea „Ce a fost înainte de big bang?" nu se poate răspunde fiindcă e o întrebare prost pusă. La urma urmei, conform modelului, big bang-ul a dat naştere nu numai materiei şi radiaţiei, ci şi spaţiului şi timpului. Aşa încât, dacă timpul a fost creat în momentul big bang-ului, expresia „înainte de big bang" nu are nici un sens. Putem înţelege mai bine acest lucru dacă ne gândim la faptul că folosirea cuvântului „nord" are sens în întrebări de tipul „Ce e la nord de Londra?" sau „Ce e la nord de Edinburgh?", dar nu are sens să ne întrebăm „Ce e la nord de Polul Nord?".

Criticii ar putea spune că, dacă asta e tot ce pot oferi cosmologii, atunci „Ce a fost înainte de big bang?" e un mister care trebuie plasat în domeniul mitului sau al religiei, un spaţiu al lui Dumnezeu ce va rămâne pe veci inaccesibil ştiinţei. În cartea sa *Dumnezeu şi astronomii*, astronomul american Robert Jastrow e pesimist în legătură cu ambiţiile teoreticianului care se ocupă de big bang: „El a urcat munţii ignoranţei; este pe punctul de a cuceri piscul cel mai înalt; când îşi ia avânt spre ultima stâncă este întâmpinat de un grup de teologi care se aflau acolo de secole."

O cale de a ocoli problema creaţiei este aceea de a considera un univers ceva mai greu. Universul se extinde, dar masa suplimentară face ca forţa gravitaţională să oprească în cele din urmă expansiunea, iar apoi să inverseze procesul, universul începând să se contracte. Universul s-ar îndrepta atunci către marea implozie (*big crunch*), despre

care am vorbit mai sus, numai că are loc un mare salt (*big bounce*). Pe măsură ce materia şi energia se contractă, universul ar putea atinge un stadiu critic în care presiunea şi energia anulează gravitaţia şi încep să împingă universul în sens contrar. Aceasta conduce la un alt big bang şi la o altă fază de expansiune, până când gravitaţia opreşte expansiunea provocând o contracţie, urmată de un alt big crunch, de un alt big bang şi tot aşa.

Acest univers în salturi, oscilant, ecologist şi reciclabil, asemenea unei păsări phoenix, ar fi etern, dar nu se poate spune că se află într-o stare staţionară. Nu e o versiune a stării staţionare, ci un model de big bang multiplu. El a fost analizat cu seriozitate de mai mulţi cosmologi, între care Friedmann, Gamow şi Dicke.

Alţii, cum ar fi Eddington, au respins această idee de univers reciclat: „Mă împac mult mai uşor cu gândul că universul trebuie să-şi încheie o mare schemă evolutivă şi, odată desăvârşit ce poate fi desăvârşit, cade într-o stare haotică neschimbătoare, decât cu gândul că rostul lui trebuie banalizat printr-o repetiţie permanentă." Cu alte cuvinte, un univers în veşnică expansiune va deveni în cele din urmă rece şi sterp, fiindcă stelele îşi vor epuiza rezerva de hidrogen combustibil şi vor înceta să strălucească, iar Eddington prefera acest scenariu al „marelui îngheţ" (sau al „morţii termice") unui univers infinit repetitiv şi plictisitor.

În afară de critica subiectivă a lui Eddington, big bang-ul în salturi se confruntă cu mai multe probleme practice. De pildă, nici un cosmolog nu a izbutit până acum să explice deplin forţele care ar provoca un salt cosmic. Oricum, observaţiile cele mai recente arată că expansiunea universului e accelerată, ceea ce reduce probabilitatea ca expansiunea actuală să se transforme într-o contracţie.

În ciuda neajunsurilor sale, scenariul universului în salturi permite imploziei universului să declanşeze următorul big bang, aşa încât rezolvă cel puţin problema cauzei şi efectului care stă la originea dorinţei noastre de a şti ce a fost înainte de big bang. Dar poate că termenii de „cauză" şi „efect" nu sunt decât o prejudecată a bunului-simţ care nu-şi are locul în cosmologie. La urma urmelor, expansiunea big bang a început de la o scară microscopică, iar nu bunul-simţ se aplică în acest domeniu extrem, ci regulile bizare ale fizicii cuantice.

Mecanica cuantică este teoria cu cel mai mare succes, şi în acelaşi timp, cea mai stranie din întreaga fizică. Niels Bohr, unul dintre fondatorii

fizicii cuantice, spunea: „Dacă nu ești șocat de teoria cuantică înseamnă că n-ai înțeles-o."

Deși principiul cauzal e valabil în lumea macroscopică de zi cu zi, domeniul cuantic submicroscopic e guvernat de așa-numitul *principiu de nedeterminare*. Acest principiu afirmă că evenimentele pot avea loc în mod spontan, fapt dovedit experimental. El permite de asemenea ca materia să apară de nicăieri, chiar dacă numai pentru scurt timp. La nivelul obișnuit, lumea pare deterministă, iar legile de conservare sunt valabile, însă la nivel microscopic determinismul și conservarea sunt violate.

Prin urmare, cosmologia cuantică oferă diverse ipoteze care permit universului să ia naștere din nimic și fără vreo cauză. De pildă, un „univers-copil" poate apărea spontan din nimic, alături de o mulțime de alte universuri, făcând parte dintr-un multivers. Alan Guth, părintele teoriei inflaționare, afirma: „Se spune deseori că nimic nu e pe gratis. Dar universul însuși s-ar putea să fie."

Din păcate, comunitatea științifică trebuie să recunoască faptul că toate aceste variante posibile, de la universuri care efectuează salturi la creația cuantică spontană, au un caracter speculativ și nu pot răspunde cu adevărat la întrebarea ultimă „De unde a apărut universul?". Totuși, cosmologii n-ar trebui să fie descurajați. Ei ar trebui să se bucure că modelul big bang e o descriere coerentă și necontradictorie a universului nostru. Ar trebui să fie mândri că modelul big bang e o realizare măreață, căci explică atât de mult din universul actual dezvăluindu-i trecutul. Ei ar trebui să spună oamenilor că modelul big bang este un omagiu adus curiozității și inteligenței noastre. Iar dacă cineva din public ar pune întrebarea cea mai grea, „Ce a fost înainte de big bang?", ei ar putea lua exemplu de la Sfântul Augustin.

În *Confesiunile* sale, scrise pe la anul 400, filozoful și teologul Augustin citează un răspuns dat la echivalentul teologic al întrebării „Ce a fost înainte de big bang?":

„Ce făcea Dumnezeu înainte de a crea cerul și pământul?"

„Pregătea gheena cea adâncă pentru cei care cercetează."*

---

* Sfântul Augustin, *Confesiuni*, Editura Humanitas, București, 2005. (*N. t.*)

CE ESTE ȘTIINȚA

Cuvintele „știință" și „om de știință" sunt invenții surprinzător de recente. De fapt, cuvântul „*scientist*" [om de știință] a fost creat de William Whewell, savant din epoca victoriană cu multiple preocupări, care l-a folosit în numărul din martie 1834 al revistei *Quarterly Review*. Americanii au preluat imediat cuvântul, iar spre sfârșitul secolului era foarte frecvent utilizat și în Anglia. Cuvântul a fost format de la latinescul *scientia*, care înseamnă „cunoaștere", și a înlocuit termeni mai vechi cum ar fi „filozof al naturii".

Această carte este istoria modelului big bang, dar e în același timp o încercare de a înțelege ce e știința și cum operează ea. Modelul big bang e un bun exemplu privind crearea, testarea, verificarea și acceptarea unei idei științifice. Știința însă e o activitate atât de vastă, încât prezentarea ce rezultă din carte nu poate fi decât incompletă. În încercarea de a umple aceste goluri, iată în continuare o selecție de citate despre știință.

Știința e cunoaștere organizată.
HERBERT SPENCER (1820–1903), filozof englez

Știința este marele antidot la otrava entuziasmului și a superstiției.
ADAM SMITH (1723–1790), economist scoțian

Știința e ceea ce cunoști. Filozofia e ceea ce nu cunoști.
BERTRAND RUSSELL (1872–1970), filozof englez

[Știința e] o serie de judecăți revizuite fără încetare.
PIERRE EMILE DUCLAUX (1840–1904), bacteriolog francez

[Știința e] dorința de a cunoaște cauzele.
WILLIAM HAZLITT (1778–1830), eseist englez

[Știința e] cunoașterea consecințelor și dependenței unui fapt de altul.
THOMAS HOBBES (1588–1679), filozof englez

[Știința e] o aventură a imaginației unei minți în căutarea adevărului, într-o lume a misterelor.
CYRIL HERMAN HINSHELWOOD (1897–1967), chimist englez

[Știința e] un mare joc. Te inspiră și te înviorează. Câmpul de joc e universul însuși.
ISIDOR ISAAC RABI (1898–1988), fizician american

Omul stăpânește natura nu prin forță, ci prin înțelegere. Știința a reușit acolo unde magia a eșuat, fiindcă nu a căutat vrăji pentru a supune natura.
JACOB BRONOWSKI (1908–1974), savant și autor britanic

Iată esența științei: pune întrebări impertinente și vei primi răspunsuri pertinente.
JACOB BRONOWSKI (1908–1974), savant și autor britanic

Pentru un cercetător e un bun exercițiu ca în fiecare dimineață înainte de micul dejun să respingă o ipoteză la care ține mult. Asta îl menține tânăr.
KONRAD LORENZ (1903–1989), zoolog austriac

Adevărul în știință poate fi cel mai bine definit ca fiind ipoteza de lucru cea mai potrivită pentru a deschide calea spre o ipoteză de lucru mai bună.
KONRAD LORENZ (1903–1989), zoolog austriac

În esență, știința e căutarea permanentă a unei înțelegeri inteligente și cuprinzătoare a lumii în care trăim.
CORNELIUS VAN NEIL (1897–1985), microbiolog american

Omul de știință nu e persoana care dă răspunsurile corecte, ci cea care pune întrebările corecte.
CLAUDE LEVI-STRAUSS (1908–), antropolog francez

Știința stabilește numai ce este, nu și ce trebuie să fie, iar în afara domeniului ei rămân necesare tot felul de judecăți de valoare.
ALBERT EINSTEIN (1879–1955), fizician de origine germană

Știința este căutarea dezinteresată a adevărului obiectiv privind lumea materială.
RICHARD DAWKINS (1941–), biolog englez

Știința nu-i decât bun-simț antrenat și ordonat, iar diferența dintre ea și bunul-simț obișnuit e aceeași ca între un veteran și un recrut; metodele ei se

deosebesc de cele ale bunului-simț ca loviturile și eschivele unui ofițer față de felul în care un sălbatic mânuiește bâta.
THOMAS HENRY HUXLEY (1825–1895), biolog englez

Științele nu încearcă să explice, și cu atât mai puțin să interpreteze, ci principalul lor rost e să creeze modele. Prin model se înțelege o construcție matematică la care se adaugă câteva interpretări verbale pentru a descrie fenomenele observate. Singura justificare a unei asemenea construcții matematice este tocmai faptul că se așteaptă ca ea să funcționeze.
JOHN VON NEUMANN (1903–1957), matematician de origine maghiară

Știința de azi este tehnologia de mâine.
EDWARD TELLER (1908–2003), fizician american

Fiecare progres important în știință își are originea într-o nouă îndrăzneală a imaginației.
JOHN DEWEY (1859–1952), filozof american

Patru etape ale acceptării:
i) e un nonsens inutil,
ii) e un punct de vedere interesant, dar pervers,
iii) e adevărat, dar nu-i prea important,
iv) întotdeauna am susținut asta.
J.B.S. HALDANE (1892–1964), genetician englez

Filozofia științei este cam la fel de folositoare pentru savanți pe cât este ornitologia pentru păsări.
RICHARD FEYNMAN (1918–1988), fizician american

Un om încetează să mai fie începător într-o știință oarecare și devine un maestru în acea știință atunci când a înțeles că toată viața va fi un începător.
ROBIN C. COLLINGWOOD (1889–1943), filozof englez

GLOSAR

Termenii în italice își au propriile lor definiții în glosar.

Absorbție Procesul prin care *atomii* absorb lumină cu anumite *lungimi de undă*, ceea ce face ca prezența lor să poată fi detectată prin *spectroscopie*, identificând lungimile de undă „lipsă".

An-lumină Distanța parcursă de lumină timp de un an, aproximativ 9 460 000 000 000 km.

Atom Cel mai mic component al unui *element*, alcătuit dintr-un *nucleu* încărcat pozitiv, înconjurat de *electroni* încărcați negativ. Numărul *protonilor* pozitivi din nucleu determină în mod unic cărui element îi aparține atomul. De pildă, fiecare atom care conține un singur proton este un atom de *hidrogen*, iar fiecare atom care conține 79 de protoni este un atom de aur.

Briciul lui Occam Principiu empiric care afirmă că, dacă pentru un fenomen există mai multe explicații, cea mai simplă e mai probabil să fie corectă.

Calea Lactee Numele *galaxiei* în care se află sistemul nostru solar. Calea Lactee e o galaxie spirală conținând aproximativ 200 de miliarde de *stele*, iar Soarele se află pe unul din brațele sale spirale.

Câmp de creație (Câmp C) Concept teoretic introdus în cadrul *modelului stării staționare*. Câmpul C menținea densitatea globală a universului prin crearea materiei ce umplea spațiile goale apărute ca urmare a expansiunii universului.

COBE (Cosmic Background Explorer) Satelit lansat în 1989 cu scopul de a efectua măsurători precise asupra *radiației cosmice de fond de microunde* (CFM). Detectorul său DMR a furnizat primele dovezi privind variațiile radiației CFM, indicând regiunile din universul timpuriu care au condus la formarea *galaxiilor*.

Conferințele Solvay Serie prestigioasă de conferințe la care se participa doar pe bază de invitație și care s-au ținut la interval de câțiva ani pentru discutarea celor mai recente probleme din fizică.

Constanta cosmologică Parametru suplimentar încorporat de Einstein în ecuațiile relativității generale atunci când a devenit limpede conform ecuațiilor că universul fie se dilată, fie se contractă. Introducând practic antigravitația, Einstein urmărea ca ecuațiile să permită existența unui univers static.

Constanta lui Hubble (H_0) Parametru măsurabil al universului, care descrie ritmul expansiunii lui. Se crede că are valoarea de 50–100 km/s/Mpc, ceea ce înseamnă că o *galaxie* aflată la o distanță de 1 megaparsec se îndepărtează cu o viteză între 50 și 100 km/s. Constanta lui Hubble rezultă din definiția *legii lui Hubble*.

Cosmologie Studiul originii și evoluției universului.

Cuasar Obiect intens strălucitor, apărând ca o *stea* („cvasi-stelar"), dar despre care știm acum că este o tânără *galaxie* extrem de luminoasă din universul timpuriu. Cuasarii pot fi observați în prezent doar în regiunile cele mai îndepărtate ale universului, pentru că lumina care ajunge la noi de la mari distanțe și-a început călătoria pe când universul era mult mai tânăr.

Deferent Cercul mare folosit pentru a descrie mișcarea corpurilor cerești în jurul Pământului în cadrul *modelului ptolemeic*. În combinație cu un epiciclu mai mic se pot reproduce aproximativ mișcările planetare observate.

Deplasare spre roșu Creșterea *lungimii de undă* a luminii emise, provocată de *efectul Doppler* al îndepărtării sursei. În cosmologie termenul e de regulă asociat cu alungirea undelor luminoase provenind de la o *galaxie* îndepărtată, pe măsură ce universul se dilată. Galaxia nu se îndepărtează prin spațiu, ci însăși dilatarea spațiului provoacă deplasarea spre roșu.

Deuteriu *Izotop* al *hidrogenului* conținând în *nucleu* un *proton* și un *neutron*.

Dezintegrare radioactivă Proces prin care un *nucleu* atomic se transformă spontan și eliberează energie. De regulă, se transformă într-un nucleu mai ușor și mai stabil.

Efectul Doppler Modificarea *lungimii de undă* a sunetelor sau a *undelor electromagnetice* emise de o sursă aflată în mișcare. Același efect se produce dacă observatorul se mișcă (nu sursa). Undele sunt comprimate înaintea sursei și sunt întinse în urma ei, ceea ce duce, de pildă, la binecunoscuta schimbare de frecvență a sunetului sirenei când ambulanța trece în mare viteză. Un efect similar produce *deplasarea spre roșu* în spectrul *galaxiilor* care se îndepărtează.

Electron Particulă subatomică având sarcină negativă. Electronii pot exista independent sau în orbitele din jurul *nucleelor* pozitive ale *atomilor*.

Element Materie elementară a universului sistematizată în tabelul periodic. Cantitatea cea mai mică a unui element e *atomul*, iar numărul de *protoni* din atom determină tipul elementului.

Emisie Proces prin care *atomii* sunt excitați (de pildă prin încălzire) și emit lumină de o anume *lungime de undă*, ceea ce face ca prezența lor să poată fi detectată prin *spectroscopie*.

Energie întunecată O presupusă formă de energie care ar explica recentele observații conform cărora expansiunea universului e accelerată. Deși calculele sugerează că ar putea avea o contribuție dominantă la masa/energia universului, natura ei rămâne problematică.

Epiciclu Cercul mic folosit în *modelul ptolemeic* heliocentric al universului, adăugat *deferentului* pentru a explica *mișcările retrograde* în formă de buclă ale unor planete în presupusa lor deplasare pe orbite în jurul Pământului.

Eter Substanță omniprezentă prin care se credea că se propagă lumina. Existența ei a fost infirmată de *experimentul Michelson-Morley*.

Experiment mintal Experiment constând dintr-o înlănțuire de raționamente logice asupra unor evenimente. Este util atunci când condițiile necesare efectuării unui experiment real sunt inaccesibile.

Experimentul Michelson-Morley Experiment efectuat la sfârșitul secolului XIX pentru a pune în evidență mișcarea Pământului prin *eter*, măsurând *viteza luminii* atât pe direcția de deplasare a Pământului, cât și pe direcția perpendiculară pe aceasta. Experimentul a infirmat existența eterului.

Fisiune Proces prin care *nucleul* atomic se sparge în două nuclee mai mici, având în general ca rezultat eliberarea de energie. *Dezintegrarea radio-activă* este un proces de fisiune care se produce spontan.

Fizică nucleară Studiul *nucleelor* atomice, al interacțiilor și structurii lor.

Fuziune Proces prin care două *nuclee* atomice mici se unesc într-un singur nucleu mai mare, având în general ca rezultat eliberarea de enegie. De pildă, nucleele de *hidrogen* pot fuziona printr-un proces în mai multe etape pentru a forma un nucleu de *heliu*.

Galaxie O aglomerare de *stele*, gaz și praf menținută laolaltă prin forța *gravitației*, de regulă separată de galaxiile vecine, având de multe ori formă spirală sau eliptică. Galaxiile conțin între un milion și câteva sute de miliarde de stele.

Gravitație Forță de atracție ce apare între două corpuri masive. Gravitația a fost descrisă mai întâi de Newton, dar prin *teoria relativității generale*

Einstein a dat o descriere mai precisă a gravitației, legând-o de curbarea *spațiului-timp*.

Heliu Al doilea *element* în ordinea răspândirii în univers, după *hidrogen*. *Nucleul* lui conține doi *protoni* și (de regulă) doi *neutroni*. Presiunile și temperaturile din interiorul stelelor pot determina heliul să sufere procese de *fuziune* nucleară pentru a forma nuclee mai grele.

Hidrogen Cel mai simplu și cel mai răspândit *element* din univers, având un *proton* în *nucleu* și un *electron* în jurul nucleului. Vezi de asemenea *deuteriu*.

Inflație Fază de expansiune extrem de rapidă din timpul primelor 10^{-35} secunde ale universului. Deși existența ei e deocamdată ipotetică, ea ar explica mai multe caracteristici ale universului.

Infraroșu Zonă a *spectrului electromagnetic* cu *lungimi de undă* puțin mai mari decât *lumina vizibilă*.

Izotop Variantă a unui *element*, deosebită prin faptul că are un număr diferit de *neutroni* în *nucleu*. De pildă, *hidrogenul* are trei izotopi, posedând zero, unu sau doi neutroni, dar toți trei cu un singur *proton*.

Izotrop Având aceleași proprietăți în toate direcțiile.

Legea lui Hubble Lege determinată empiric conform căreia viteza de îndepărtare (recesiune) a unei *galaxii* este proporțională cu distanța până la galaxie: $v = H_0 \times d$. Constanta de proporționalitate din ecuație (H_0) este *constanta lui Hubble*.

Lumină vizibilă Regiune a *spectrului electromagnetic* conținând *radiația electromagnetică* la care ochiul uman e sensibil. Domeniul *lungimilor de undă* se întinde de la 0,0004 mm (violet) la 0,0007 mm (roșu).

Lungime de undă Distanța dintre două creste (sau văi) succesive ale unei unde. Lungimea de undă a *radiației electromagnetice* determină zona *spectrului electromagnetic* căreia îi aparține radiația și proprietățile ei.

Materie întunecată O presupusă formă de materie despre care se crede că reprezintă o mare parte din materia universului. Își face simțită prezența prin *gravitația* ei, dar emite puțină *lumină vizibilă*, sau nu emite deloc.

Minut de arc Unitate folosită pentru măsurarea unghiurilor mici, egală cu a 60-a parte dintr-un grad.

Mișcare proprie Mișcarea unei *stele* de-a lungul cerului provocată de deplasarea ei în raport cu Soarele. Efectul e atât de slab încât a fost detectat abia în 1718.

Mișcare retrogradă Schimbarea temporară a direcției aparente de deplasare a planetelor Marte, Jupiter și Saturn. E o consecință a observării acestor

planete de pe Pământ, care are o viteză mai mare de rotație în jurul Soarelui.

Model Set coerent de reguli și parametri menit a descrie matematic anumite aspecte ale lumii reale.

Modelul big bang *Modelul* universului, acceptat în prezent, conform căruia timpul și spațiul au apărut dintr-o regiune fierbinte, densă și compactă, acum 10–20 miliarde de ani.

Modelul copernican *Modelul* heliocentric al universului propus de Nicolaus Copernic în secolul al XVI-lea.

Modelul ptolemeic *Modelul* geocentric al universului, dovedit a fi fals, în care toate corpurile cerești se rotesc pe orbite în jurul Pământului. Aceste orbite au fost construite pornind de la cercuri perfecte numite *deferenți* și *epicicluri*.

Modelul stării cvasi-staționare Versiune modificată a *modelului stării staționare* care încearcă să elimine unele neajunsuri ale modelului inițial.

Modelul stării staționare *Model* discreditat al universului, în care universul se extinde, iar în interstițiile tot mai mari dintre *galaxii* e creată materie nouă. Universul și-ar menține deci o densitate aproximativ constantă și ar fi etern.

Multivers *Model* alternativ al celui presupunând un singur univers, în care coexistă mai multe universuri diferite, fiecare având un set diferit de legi fizice și fiind izolat de toate celelalte.

Nebuloasă Nor de gaz, iar deseori și de praf, din *Calea Lactee*, care apare ca o pată de lumină pe cerul nopții, spre deosebire de *stelele* punctiforme. În secolul XX, în urma tranșării Marii Dispute, multe obiecte considerate nebuloase înainte de 1900 s-au dovedit a fi *galaxii* separate.

Neutron Particulă din interiorul *nucleului* atomic. Neutronul are aproape aceeași masă ca *protonul*, dar nu are sarcină electrică.

Notație exponențială Metodă convenabilă de a scrie compact numere foarte mari sau foarte mici. De pildă, 1 200 se poate scrie ca $1{,}2 \times 10^3$ fiindcă este egal cu $1{,}2 \times (10 \times 10 \times 10)$, iar 0,0005 se poate scrie ca 5×10^{-4} fiindcă este egal cu $5 \div (10 \times 10 \times 10 \times 10)$.

Nova *Stea* care devine rapid, în doar câteva zile, mult mai strălucitoare, în medie cu un factor de 50 000, iar apoi, în decurs de câteva luni, revine la strălucirea inițială. Nova este alimentată cu combustibilul unei stele companion aflată în apropiere.

Nucleon Termen generic pentru *protoni* și *neutroni*, cele două particule din *nucleul* atomic.

Nucleosinteză Formarea *elementelor* prin *fuziune* nucleară, mai ales în stele şi în exploziile *supernovelor*. Nucleosinteza *nucleelor* atomice uşoare a avut loc în primele momente de după *big bang*.

Nucleu Structura compactă din centrul *atomului*, conţinând *protoni* şi *neutroni* şi reprezentând cel puţin 99,95% din masa oricărui atom.

Omogen Având aceleaşi proprietăţi în toate locurile din spaţiu.

Paralaxă Aparenta modificare a locului unde se află un obiect când observatorul îşi schimbă poziţia. *Paralaxa stelară* e folosită în astronomie pentru a măsura distanţa până la *stelele* cele mai apropiate.

Paralaxă stelară Deplasarea aparentă a unei *stele* din apropiere pe fundalul stelelor îndepărtate, provocată de schimbarea poziţiei observatorului când Pământul se roteşte în jurul Soarelui.

Parsec Unitate de măsură pentru distanţe folosită în astronomie, egală cu aproximativ 3,26 *ani-lumină*. Prescurtare pentru „paralaxă-secundă", reprezintă distanţa la care un obiect ar avea o *paralaxă stelară* de o *secundă de arc*. Distanţa de un milion de parsceci poartă numele de megaparsec (Mpc).

Particulă alfa Particulă subatomică eliberată în cursul anumitor *dezintegrări radioactive*. Particula, alcătuită din doi *protoni* şi doi *neutroni*, reprezintă *nucleul atomului de heliu*.

Plasmă Stare a materiei la temperaturi înalte, în care *nucleele* atomice sunt separate de *electronii* lor.

Principiul antropic Principiul care afirmă că, din moment ce ştim că oamenii există, legile fizicii trebuie să permită apariţia vieţii. În forma lui extremă, principiul antropic afirmă că universul a fost conceput pentru a permite viaţa.

Principiul cosmologic Principiu conform căruia nici o poziţie din univers nu e privilegiată în raport cu alta, iar trăsăturile globale ale universului sunt aceleaşi în toate direcţiile (*izotropie*) şi indiferent de locul unde se află observatorul (*omogenitate*).

Principiul cosmologic perfect Extindere a *principiului cosmologic* care afirmă că universul nu e numai *omogen* şi *izotrop*, dar şi neschimbător în timp. Acest principiu se află la baza *modelului stării staţionare*.

Proton Particulă subatomică având sarcină electrică pozitivă, aflată în *nucleul atomului*.

Radiaţia cosmică de fond de microunde (CFM) Un „ocean" atotcuprinzător de *radiaţie de microunde* emanând aproape uniform din toate direcţiile universului şi datând din momentul *recombinării*. Această radiaţie

este un „ecou" al big bang-ului prezis de Gamow, Alpher şi Herman în 1948 şi detectat de Penzias şi Wilson în 1965. Îşi are originea în temperaturile înalte ale big bang-ului, iar lungimile ei de undă au ajuns din domeniul *infraroşu* în domeniul *microundelor* prin expansiunea universului. Satelitul *COBE* a măsurat variaţiile din radiaţia CFM.

Radiaţie de microunde Regiune a *spectrului electromagnetic*, cu *lungimi de undă* de câţiva milimetri sau centimetri. E în general privită ca un subdomeniu al *undelor radio*.

Radiaţie electromagnetică Formă de propagare a energiei care include *lumina vizibilă*, *undele radio* şi razele X. Radiaţia electromagnetică se deplasează prin spaţiu ca *unde electromagnetice* cu *viteza luminii*. *Lungimea de undă* a radiaţiei îi determină proprietăţile.

Radioactivitate Tendinţa anumitor *atomi* (cum ar fi cei de uraniu) de a suferi dezintegrări radioactive.

Radioastronomie Studiul *undelor radio* emise de corpurile cereşti, folosind *radiotelescoape* în locul telescoapelor optice.

Radiotelescop Instrument destinat detectării *undelor radio* provenind de la surse cereşti. Radiotelescoapele sunt receptoare radio extrem de sensibile şi au formă de antenă sau de farfurie.

Recombinare Momentul în care universul devenise suficient de rece pentru a permite *electronilor* să se lege de *nuclee*, materia transformându-se din *plasmă* în *atomi* cu sarcină electrică totală nulă. Aceasta s-a întâmplat pe când universul avea o vârstă de aproximativ 300 000 de ani şi o temperatură în jurul valorii de 3 000°C. Din acel moment, *radiaţia electromagnetică* a putut călători prin univers aproape nestânjenită; această radiaţie e detectată în prezent sub forma *radiaţiei cosmice de fond de microunde*.

Secţiune eficace Cantitate folosită în fizica particulelor pentru a evalua probabilitatea ca două particule să se ciocnească.

Secundă de arc Unitate folosită pentru măsurarea unghiurilor foarte mici, egală cu a 60-a parte dintr-un *minut de arc* sau cu a 3 600-a parte dintr-un grad.

Spaţiu-timp Unificarea celor trei dimensiuni ale spaţiului cu dimensiunea timpului, cadrul fundamental pentru descrierea universului. Noţiunea de spaţiu-timp apare în *relativitatea specială* şi în cea *generală*. Curbura spaţiului-timp conduce la o forţă pe care o interpretăm drept *gravitaţie*.

Spectroscop Instrument care separă undele luminoase în *lungimile de undă* componente, pentru a fi analizate. Poate fi folosit la identificarea *atomilor* care emit radiație luminoasă sau la măsurarea *deplasării spre roșu*.

Spectroscopie Studiul luminii prin separarea *lungimilor de undă* componente pentru a afla informații despre natura sursei sale.

Spectru electromagnetic Domeniul complet al *lungimilor de undă* ale *radiației electromagnetice*, de la razele gama și X cu lungime de undă scurtă (energie înaltă), trecând prin *ultraviolet*, *lumină vizibilă* și *infraroșu*, până la *undele radio* cu lungime de undă mare (energie joasă).

Stea Sferă alcătuită preponderent din *hidrogen* și menținută sub formă compactă prin forța propriei sale *gravitații*. Masa ei e suficientă pentru ca temperaturile și presiunile din interior să poată iniția *fuziunea* nucleară. Stelele apar de regulă în formațiuni numite *galaxii*.

Stea RR Lyrae Tip de *stea* variabilă mai puțin luminoasă decât *stelele variabile cefeide*, cu o perioadă de 9 până la 17 ore. Neputința de a detecta stele RR Lyrae în Galaxia Andromeda a constituit în anii '40 un indiciu important că *galaxia* se află mult mai departe decât se crezuse până atunci.

Stea variabilă cefeidă Tip de *stea* a cărei strălucire variază în cursul unei perioade regulate, precise, în general între o zi și o sută de zile. Perioada de variație e legată de luminozitatea medie a stelei, care poate fi astfel calculată. Comparând luminozitatea stelei cu strălucirea ei aparentă așa cum se vede de pe Pământ, se poate determina cu precizie distanța până la ea. Aceste stele joacă deci un rol important în determinarea scării distanțelor cosmice.

Supernovă Explozia unei *stele* care și-a epuizat hidrogenul combustibil. Elementele grele, esențiale vieții, sunt produse în perioada premergătoare și în timpul exploziei.

Teoria atomului primordial Versiunea veche a *modelului big bang*, elaborată de Georges Lemaître, în care toți atomii din univers au fost inițial conținuți într-un singur „atom primordial" compact. Explozia atomului primordial a dat naștere cosmosului.

Teoria generală a relativității Teoria *gravitației* elaborată de Einstein, care se află la baza *cosmologiei*. În relativitatea generală gravitația apare ca o curbare a *spațiului-timp* cvadridimensional.

Teoria specială a relativității Teorie elaborată de Einstein pornind de la premisa că viteza luminii e aceeași pentru toți observatorii, indiferent de starea lor de mișcare. Cea mai celebră consecință a sa este echivalența între energie și masă, exprimată de ecuația $E = mc^2$. Din ea rezultă de

asemenea că percepția timpului și spațiului depinde de observator. Teoria e un caz „special" fiindcă nu se ocupă de obiectele accelerate sau supuse gravitației, pentru care Einstein a elaborat mai târziu *teoria generală a relativității*.

Triunghiuri asemenea Pereche de triunghiuri cu aceeași formă, dar dimensiuni diferite. Cele două triunghiuri au toate unghiurile egale, iar rapoturile dintre laturile corespunzătoare sunt egale.

Ultraviolet (UV) *Radiație electromagnetică* având o *lungime de undă* ceva mai scurtă decât *lumina vizibilă*.

Unde electromagnetice Vibrații armonizate ale câmpurilor electric și magnetic, fiecare susținându-l pe celălalt și propagându-se împreună prin spațiu ca *radiație electromagnetică*.

Unde radio *Radiații electromagnetice* având *lungimi de undă* ce depășesc câțiva milimetri, din care fac parte și microundele. Studiul undelor radio emise de corpurile cerești poartă numele de *radioastronomie*.

Viteza luminii (*c*) O constantă egală cu 299 792 458 m/s. Conform *teoriei speciale a relativității*, viteza luminii este aceeași pentru toți observatorii, indiferent de starea lor de mișcare.

Viteză radială Viteza cu care o *stea* sau o *galaxie* se apropie sau se îndepărtează de Pământ. Această componentă a mișcării unei stele sau galaxii poate fi determinată prin *efectul Doppler* asupra luminii sau asupra altor *unde electromagnetice* emise de stea sau de galaxie.

RECOMANDĂRI BIBLIOGRAFICE

Această carte a încercat să trateze un subiect vast într-un spațiu relativ restrâns. Pentru cititorii care vor să exploreze anumite subiecte în detaliu, următoarea listă de cărți (conținând și câteva articole) ar putea fi utilă. Spectrul lor se întinde de la lucrări de popularizare a științei până la texte ceva mai tehnice și sunt prezentate în ordinea capitolelor de care se leagă subiectul lor. Multe dintre ele au fost folosite la scrierea acestei cărți, dar altele depășesc cadrul ei, mai ales cele legate de epilog.

Capitolul 1

Allan Chapman, *Gods in the Sky* (Channel 4 Books, 2002)

Istoric al științei de la Oxford, autorul prezintă dezvoltarea astronomiei antice și suprapunerea ei cu religia și mitologia.

Andrew Gregory, *Eureka!* (Icon, 2001)

Dezvoltarea științei, matematicii, ingineriei și medicinii în Grecia antică.

Lucio Russo, *The Forgotten Revolution* (Springer-Verlag, 2004)

O cercetare privind nașterea științei în Grecia antică, motivele pentru care știința greacă s-a stins și influențele ei asupra lui Copernic, Kepler, Galilei și Newton.

Michael Hoskin (editor), *The Cambridge Illustrated History of Astronomy* (Cambridge University Press, 1996)

O excelentă introducere în istoria astronomiei.

John North, *The Fontana History of Astronomy and Cosmology* (Fontana, 1994)

O amănunțită istorie a astronomiei care urmărește dezvoltarea ei ca știință din Antichitate.

Arthur Koestler, *The Sleepwalkers* (Arkana, 1989) [ediția românească: *Lunaticii*, Humanitas, 1995]

Dezvoltarea cosmologiei din Grecia antică până în secolul al XVII-lea.

Kitty Ferguson, *The Nobleman and His Housedog* (Review, 2002)
O prezentare accesibilă a colaborării dintre Tycho Brahe și Johannes Kepler.
Martin Gorst, *Aeons* (Fourth Estate, 2001)
Istoria încercărilor de a determina vârsta universului, de la episcopul Ussher la legea lui Hubble.
Dava Sobel, *Galileo's Daughter*, (Forth Estate, 2000)
O biografie a lui Galilei, incluzând scrisorile pe care i le-a trimis fiica lui, aflată într-o mânăstire de la vârsta de treisprezece ani.
Carl Sagan, *Cosmos* (Abacus, 1995)
Cartea scrisă pornind de la celebrul serial de televiziune, care a îndemnat probabil pe mulți tineri să studieze astronomia.

Capitolul 2

James Gleick, *Isaac Newton* (Forth Estate, 2003)*
O relatare concisă și accesibilă a vieții lui Isaac Newton.
Hans Reichenbach, *From Copernicus to Einstein* (Dover, 1980)
O scurtă istorie a ideilor care au condus la teoria relativității.
David Bodanis, $E = mc^2$ (Walker, 2001)
Biografia unei ecuații, inspirată de Cameron Diaz care a întrebat odată dacă îi poate cineva explica semnificația faimoasei ecuații a lui Einstein.
Clifford Will, *Was Einstein Right?* (Basic Books, 1999)
Examinarea diferitelor teste la care au fost supuse teoriile lui Einstein, inclusiv măsurarea anomaliilor orbitei lui Mercur și expediția lui Eddington din timpul eclipsei.
Jeremy Bernstein, *Albert Einstein and the Frontiers of Physics* (Oxford University Press, 1998) [ediția românească: *Albert Einstein și frontierele fizicii*, Humanitas, 2008]
O biografie accesibilă, conținând explicații clare privind opera științifică a lui Einstein.
John Stachel, *Einstein's Miraculous Year* (Princeton University Press, 2001)
O prezentare la nivel tehnic mediu a remarcabilelor articole din 1905 care i-au adus lui Einstein celebritatea.
Michio Kaku, *Einstein's Cosmos* (Weidenfeld & Nicholson, 2004)

---

* O excelentă biografie a lui Newton, preluată de la Oxford University Press, a apărut recent și în limba română: Gale E. Christianson, *Newton*, Humanitas, 2007. (*N. t.*)

O prezentare pasionantă a cercetărilor lui Einstein legate de relativitatea specială și de relativitatea generală, care include și încercările lui de a unifica legile fizicii.

Russell Stannard, *The Time and Space of Uncle Albert* (Faber & Faber, 1990)
Unchiul Albert și nepoata lui, Gedanken, explorează lumea relativistă într-o carte destinată tinerilor.

Edwin A. Abbot, *Flatland* (Penguin Classics, 1999)
Subintitulată *Povestea mai multor dimensiuni*, această nuvelă stranie și incitantă ne dă o imagine asupra unui univers multidimensional.

Melvyn Bragg, *On Giants' Shoulders* (Sceptre, 1999)
Portretele a doisprezece mari savanți, dintre care unii au jucat un rol important în dezvoltarea cosmologiei.

Arthur Eddington, *The Expanding Universe* (Cambridge University Press, 1988)
Acest eseu pasionant adresat marelui public a fost scris în 1933, când se impunea ideea big bang-ului.

E. Tropp, V. Frenkel și A. Chernin, *Alexander A. Friedmann: the Man Who Made the Universe Expand* (Cambridge University Press, 1993)
O scurtă, dar excelentă, biografie a lui Friedmann, concentrată asupra vieții sale profesionale. Conține câteva explicații semitehnice ale ideilor sale cosmologice.

Capitolul 3

Richard Panek, *Seeing and Believing* (Forth Estate, 2000)
O istorie a telescopului și a felului în care a schimbat perspectiva noastră asupra universului.

Kitty Ferguson, *Measuring the Universe* (Walker, 2000)
Istoria încercărilor de a măsura cosmosul de la grecii antici la cosmologia modernă.

Alan Hirshfeld, *Parallax* (Owl Books, 2002)
O prezentare detaliată, adresată publicului larg, a tentativelor eroice de a măsura distanța până la stele.

Tom Standage, *The Neptune File* (Walker, 2000)
Descoperirea planetei Neptun nu e relevantă pentru marile probleme din cosmologie, dar această excelentă carte acoperă o perioadă fascinantă din istoria astronomiei.

Michael Hoskin, *William Herschel and the Construction of Heavens* (Oldbourne, 1963)

O relatare a încercărilor lui Herschel de a lămuri structura Căii Lactee, conținând și câteva din lucrările sale.

Solon I. Bailey, *History and Work of the Harvard Observatory 1839–1927* (McGraw Hill, 1931)

O interesantă și în general accesibilă (deși oarecum aridă) prezentare a cercetărilor efectuate la Observatorul Harvard de la înființarea sa și până la mijlocul anilor '20. Include contribuțiile aduse de Henrietta Leavitt și de Annie Jump Canon și explică tehnicile și instrumentele pe care le-au folosit.

Harry G. Lang, *Silence of the Spheres* (Greenwood Press, 1994)

Subintitulată *Experiența surdă în istoria științei*, cartea include secțiuni dedicate lui John Goodricke și Henriettei Leavitt.

Edwin Powell Hubble, *The Realm of the Nebulae* (Yale University Press, 1982)

O lucrare oarecum tehnică, bazată pe Conferințele Silliman, ținute de Hubble în 1935 la Universitatea Yale. E un interesant instantaneu al cosmologiei la puțină vreme după marea descoperire a lui Hubble.

Gale E. Christianson, *Edwin Hubble: Mariner of the Nebulae* (Institute of Physics Publishing, 1997)

O biografie accesibilă și foarte bine scrisă a lui Edwin Hubble.

Michael J. Crowe, *Modern Theories of the Universe from Herschel to Hubble* (Dover, 1994)

O bună îmbinare a istoriei cu știința, incluzând extrase din lucrările originale ale astronomilor și cosmologilor.

W. Patrick McCray, *Giant Telescopes* (Harvard University Press, 2004)

O istorie adusă la zi a dezvoltării telescopului după epoca lui Hubble.

Capitolul 4

Helge Kragh, *Cosmology and Controversy* (Princeton University Press, 1999)

Această carte e o relatare exhaustivă și accesibilă a întregii dispute dintre big bang și starea staționară. Lucrarea se concentrează asupra dezvoltării istorice a disputei și asupra personalităților implicate, iar aspectele științifice relevante sunt limpede explicate. Este probabil singura carte cu adevărat importantă despre dezvoltarea modelului big bang.

F. Close, M. Marten și C. Sutton, *The Particle Odyssey: A Journey to the Heart of the Matter* (Oxford University Press, 2004)

Un excelent ghid în istoria fizicii atomice, nucleare și subnucleare, incluzând și legăturile cu cosmologia.

Brian Cathcart, *The Fly in the Cathedral* (Viking, 2004)*

Povestea lui Ernest Rutherford și a colaboratorilor săi de la Laboratorul Cavendish. O prezentare accesibilă a felului în care fizica a transformat perspectiva noastră asupra nucleului atomic.

George Gamow, *My World Line* (Viking Press, 1970)

Autobiografia neconvențională a lui Gamow ne apropie de viața unuia dintre cei mai fermecători fizicieni din secolul XX.

George Gamow, *The New World of Mr Tompkins* (Cambridge University Press, 1988) [ediția românească: *Minunata lume a domnului Tompkins*, Humanitas, 2007]

O încântătoare și veselă introducere în strania lume a fizicii cuantice și relativiste, scrisă de unul dintre cei mai mari specialiști în domeniu.

Joseph D'Agnese, „The Last Big Bang Man Left Standing", *Discover* (iulie 1999, pp. 60–67)

Un articol care îi dă lui Ralph Alpher ocazia să prezinte în fața publicului larg rolul jucat de el în dezvoltarea big bang-ului.

R. Alpher și R. Herman, *Genesis of Big Bang* (Oxford University Press, 2001)

O excelentă și nu foarte tehnică lucrare despre originea modelului big bang și evoluția lui până în zilele noastre.

Iosif B. Khriplovich, „The Eventful Life of Fritz Houtermans", *Physics Today* (iulie 1992, pp. 29–37)

Un articol bine documentat despre viața lui Fritz Houtermans, scris cu multă căldură și bogat ilustrat.

Fred Hoyle, *The Nature of the Universe* (Basil Blackwell, 1950)

Bazată pe serialul radiofonic BBC în care modelul big bang și-a primit numele, cartea dă o privire de ansamblu asupra stadiului cosmologiei la 1950.

Fred Hoyle, *Home is Where the Wind Blows* (University Science Books, 1994)

O pasionantă autobiografie în care Hoyle apare ca matematician, cercetător în domeniul radarului, fizician, cosmolog și spirit independent.

Thomas Gold, *Getting the Back off the Watch* (Oxford University Press, 2005)

Thomas Gold tocmai își încheiase de scris memoriile când a murit în 2004. Cartea urma să apară în 2005.

---

* O carte de referință despre aceeași perioadă a începuturilor fizicii nucleare — în care personalitatea lui Rutherford apare în prim-plan — este *Descoperirea particulelor elementare*, scrisă de laureatul premiului Nobel Steven Weinberg și apărută la Humanitas în 2007. (*N. t.*)

Capitolul 5

J.S. Hey, *The Evolution of Radio Astronomy* (Science History Publications, 1973)

O succintă prezentare a dezvoltării radioastronomiei de la Jansky până în anii '70, scrisă de unul dintre cei mai importanți reprezentanți ai ei.

Stanley Hey, *The Secret Man* (Care Press, 1992)

Memorii.

Nigel Henbest, „Radio Days", *New Scientist* (28 oct. 2000, pp. 46–47)

Un interesant articol despre începuturile radioastronomiei și despre contribuția lui Stanley Hey în domeniu.

Marcus Chown, *The Magic Furnace* (Vintage, 2000)

O excelentă relatare a descifrării misterului nucleosintezei de către fizicieni și cosmologi.

Jeremy Bernstein, *Three Degrees Above Zero* (Cambridge University Press, 1984)

Istoria cercetărilor de la Laboratoarele Bell, incluzând interviuri cu Arno Penzias și Robert Wilson.

G. Smoot și K. Davidson, *Wrinkles in Time* (Little Brown, 1993)

Povestea satelitului COBE scrisă de șeful echipei care a construit radiometrul diferențial.

John C. Mather, *The Very First Light* (Penguin, 1998)

Povestea satelitului COBE scrisă de șeful echipei care a construit spectrometrul.

M.D. Lemonick, *Echo of the Big Bang* (Princeton University Press, 2003)

Istoria radiației CFM și a satelitului WMAP.

F. Hoyle, G.R. Burbidge și J.V. Narlikar, *A Different Approach to Cosmology* (Cambridge University Press, 2000)

Autorii, care nu au fost convinși de modelul big bang, își prezintă argumentele și încearcă să interpreteze diferite observații.

Epilog

Karl Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (Routledge, 2002) [ediția românească: *Logica cercetării științifice*, Editura Științifică, 1981]

Publicată prima dată în 1959, cartea lui Popper e o perspectivă revoluționară asupra filozofiei științei.

Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (University of Chicago Press, 1996) [ediția românească: *Structura revoluțiilor științifice*, Humanitas, 2008]

Publicată prima dată în 1962, cartea lui Kuhn e un punct de vedere alternativ asupra naturii progresului științific.

Steve Fuller, *Kuhn vs Popper* (Icon, 2003)

O reexaminare a disputei dintre Kuhn și Popper privind filozofia științei, mai accesibilă decât lucrările citate mai sus.

Lewis Wolpert, *The Unnatural Nature of Science* (Faber & Faber, 1993)

O discuție despre ce e știința, ce poate face, ce nu poate face și cum operează.

Alan H. Guth, *The Inflationary Universe* (Vintage, 1998)

Părintele teoriei inflaționare explică nașterea și semnificația ei.

F. Tipler și J. Barrow, *The Anthropic Cosmological Principle* (Oxford University Press, 1996)

O explorare a relației dintre existența universului nostru și existența vieții în cadrul lui.

Mario Livio, *The Accelerating Universe* (Wiley, 2000)

Discutarea celei mai importante descoperiri din anii '90 în cosmologie, și anume faptul că universul pare să se extindă într-un ritm accelerat.

Lee Smolin, *Three Roads to Quantum Gravity* (Perseus, 2000) [ediția românească: *Spațiu, timp, univers*, Humanitas, 2006]

O discuție asupra relației dintre mecanica cuantică și relativitatea generală. Cum ar putea fi unificate aceste teorii și care sunt implicațiile asupra cosmologiei?

Brian Greene, *The Elegant Universe* (Random House, 2000) [ediția românească: *Universul elegant*, Humanitas, 2008]

O prezentare amplă și în același timp accesibilă a relativității generale și teoriei corzilor.

Martin Rees, *Just Six Numbers* (Basic Books, 2001) [ediția românească: *Doar șase numere*, Humanitas, 2006]

Astronomul Regal Martin Rees arată că șase numere, constante ale naturii, definesc trăsăturile universului și se întreabă de ce numerele au exact valorile care permit apariția vieții.

John Gribbin, *In Search of the Big Bang* (Penguin Books, 1998)

Povestea big bang-ului, evoluția universului și apariția galaxiilor, stelelor, planetelor și a vieții, adusă la zi față de prima ei ediție din 1986.

Steven Weinberg, *The First Three Minutes* (Basic Books, 1994) [ediția românească: *Primele trei minute*, Editura Politică, 1984]

Deși oarecum datată, rămâne una dintre cele mai bune cărți accesibile publicului larg despre big bang și primele momente ale universului.

Paul Davies, *The Last Three Minutes* (Basic Books, 1994) [ediția românească: *Ultimele trei minute*, Humanitas, 1994]

Făcând parte din seria Science Masters, cartea examinează destinul universului.

Janna Levin, *How the Universe Got Its Spots* (Phoenix, 2003)

Concepută sub forma unor scrisori adresate mamei sale, relatarea intens personală a Jannei Levin ne dă o perspectivă unică asupra cosmologiei și asupra profesiunii de cosmolog.

„Four Keys to Cosmology", *Scientific American* (februarie 2004, pp. 30–63)

Un set de patru excelente articole care oferă amănunte despre cele mai recente măsurători ale radiației CFM și implicațiile lor asupra cosmologiei: „The Cosmic Symphony" de Wayne Hu și Martin White, „Reading the Blueprints of Creation" de Michael A. Strauss, „From Slowdown to Speedup" de Adam G. Riess și Michael S. Turner și „Out of the Darkness" de Georgi Dvali.

Stephen Hawking, *The Universe in a Nutshell* (Bantam, 2002) [ediția românească: *Universul într-o coajă de nucă*, Humanitas, 2004]

O carte bogat ilustrată, scrisă de cel mai celebru cosmolog al lumii. În 2002 a câștigat premiul Adventis pentru carte științifică și este mult mai accesibilă decât *Scurtă istorie a timpului* [apărută de asemenea la Humanitas].

Guy Consolmagno, *Brother Astronomer* (Schaum, 2001)

O carte despre felul în care știința și religia pot conviețui, scrisă de un astronom al Observatorului de la Vatican.

R. Brawer și A. Lightman, *Origins* (Harvard University Press, 1990)

Interviuri cu 27 de cosmologi de frunte, între care Hoyle, Sandage, Sciama, Rees, Dicke, Peebles, Hawking, Penrose, Weinberg și Guth.

Andrew Liddle, *Introduction to Modern Cosmology* (Wiley, 2003)

Un manual care acoperă toate aspectele cosmologiei și poate constitui o bună introducere pentru cititorii cu pregătire științifică medie.

Carl Gaither și Alma E. Cavazos-Gaither, *Astronomically Speaking* (Institute of Physics, 2003)

O excelentă culegere de citate din domeniul astronomiei. Face parte dintr-o serie care include *Mathematically Speaking*, *Scientifically Speaking* și *Chemically Speaking*.

MULȚUMIRI

Pentru a scrie această carte, în cursul ultimilor doi ani m-am bucurat de sprijinul mai multor persoane. Le sunt profund recunoscător lui Ralph Alpher, Allan Sandage, Arno Penzias și regretatului Thomas Gold, care și-au găsit cu toții timp pentru a-mi vorbi despre contribuțiile lor la dezvoltarea cosmologiei. Răbdarea și bunăvoința lor m-au impresionat. Helge Kragh de la Universitatea din Aarhus și Ian Morrison de la Jodrell Bank m-au ajutat și ei mult, la fel Nancy Wilson și Don Nicholson de la Observatorul Mount Wilson. Am putut de asemenea vizita Laboratoarele Bell și vreau să le mulțumesc tuturor celor care m-au condus să vizitez diferitele instalații, și în special lui Saswato Das.

Se cuvine de asemenea să-i mulțumesc lui Arthur Miller de la University College (Londra), care mi-a prezentat lucrările lui Fritz Houtermans, și lui Nigel Henbest, care mi-a dezvăluit importantele contribuții ale lui Stanley Hey. Am putut să-i iau un interviu lui Arno Penzias și să ascult înregistrările cu Fred Hoyle în perioada când am lucrat la programele radiofonice BBC „The Serendipity of Science" și „Material World". Le sunt recunoscător producătorilor acestor programe, Amanda Hargreaves, Monise Durrani și Andrew Luckbaker, care, fără să știe, au redeșteptat în mine interesul pentru cosmologie.

Pe măsură ce înaintam în scrierea cărții, am primit reacțiile mai multor persoane, între care Martin Rees și David Bodanis, care au găsit timp să mă ajute, în ciuda faptului că erau foarte ocupați cu propriile lor cercetări. Emma King, Alex Seeley, Amarendra Swarup și Mina Varsani m-au ajutat în diferite etape ale acestui proiect și le rămân recunoscător. În mod special Debbie Pearson, asistenta mea, m-a ajutat să mă documentez pentru unele secțiuni, aranjându-mi o vizită la Observatorul Radioastronomic Mullard de la Cambridge și obținând multe dintre fotografiile acestei cărți.

Diferite arhive și biblioteci sunt menționate în secțiunea dedicată creditului fotografic, dar următoarele persoane și instituții și-au depășit obligațiile profesionale în efortul de a mă ajuta: Peter D. Hingley (Societatea Astronomică Regală), Heather Lindsay (Arhivele Vizuale Emilio Segrè), Dan Lewis (Biblioteca Huntington), John Grula (Observatoarele Institutului Carnegie din Washington), Jonathan Harrison (Biblioteca Colegiului St John), Iosif Hriplovici (Universitatea din Novosibirsk), Cheryl Dandrige (Arhivele Observatorului Lick), Lewis Wyman (Biblioteca Congresului), Liliane Moens (Arhivele Lemaître, Universitatea Catolică din Louvain) și Mark Hurn, Sarah Bridle și Jochen Weller (Institutul de Astronomie al Universității Cambridge).

Țin să le mulțumesc lui Iolo ap Gwynn de la Laboratorul de Bioimagistică al Universității din Țara Galilor, care a creat imaginile mărite ale hârtiei din figura 99, și lui Alison Doane de la Observatorul Colegiului Harvard, care și-a schimbat programul pentru a-mi prezenta plăcile fotografice cu care au lucrat Henrietta Leavitt și colegele ei. Am putut de asemenea include în această carte câteva fotografii remarcabile ale lui Fred Hoyle și le sunt îndatorat Barbarei Hoyle și conducerii Colegiului St John pentru că mi-au dat permisiunea de a folosi aceste imagini din Colecția Hoyle a colegiului.

Numeroși prieteni și colegi m-au ajutat să-mi păstrez voia bună distrăgându-mă, cu umor și inteligență, de la programul meu zilnic de lectură, studiu și scris despre cosmologie (care oricum e în sine pasionantă). Hugh Mason, Ravi Kapur, Sharon Herkes și Valerie Burke-Ward au lucrat împreună cu mine la UAS, un proiect care îi încurajează pe elevi să vină la școală. Participarea mea la acest proiect m-a făcut să-mi dau seama de diverse aspecte ale predării științelor. Claire Ellis și Claire Greer au organizat în școli, sub îndrumarea mea, ateliere de spargere a codurilor, demonstrând astfel tinerilor importanța matematicii. Prin munca lor entuziastă au implicat în Proiectul Enigma zeci de mii de elevi. Doresc de asemenea să-i mulțumesc lui Nick Me, care a pus în practică ideea de a crea un CD-ROM după *Cartea codurilor*.* Tot el m-a lăsat să privesc de multe ori cerul prin telescopul lui, ceea ce pentru mine e de fiecare dată o experiență tulburătoare.

În ultimii ani am colaborat cu Muzeul Național al Științei și Industriei, cu Centrul Mijloacelor de Informare Științifică și cu Fundația Națională pentru Știință, Tehnologie și Arte, care mi-au deschis perspective noi. Le sunt recunoscător tuturor celor trei instituții pentru dialogul pe care mi l-au prilejuit. Suzannei Stevenson i se cuvin mulțumiri speciale, fiindcă ea și colegii ei

* *Cartea codurilor* de Simon Singh a apărut la Humanitas în 2005. (*N. t.*)

m-au ajutat să-mi duc munca la bun sfârșit, oferindu-mi permanent sfaturi, sprijin și încurajări. Fără prezența ei statornică nu aș fi fost în stare să-mi înfăptuiesc planurile.

Raj și Francesca Persaud m-au ajutat să-mi mențin sănătatea și concentrarea, iar cu Roger Highfield, Holly, Rory, Asha și Sachin m-am plimbat prin parcurile și muzeele din Greenwich în momentele de respiro după o săptămână de muncă. Richard Wiseman a jucat un rol important în menținerea echilibrului meu psihic și m-a inițiat în lumea fermecată a baloanelor de săpun, lucru pentru care îi sunt adânc recunoscător. Shyama Perera m-a luat de multe ori de la birou și m-a scos la plimbare când aveam mare nevoie să schimb atmosfera. Le sunt de asemenea recunoscător celor două nepoate ale mele, Anna și Rachel, care continuă să fie pentru mine un fel de poliție vestimentară și au izbutit să mă lecuiască de fixația pentru veste. M-am bucurat că Rachel mi-a oferit anul trecut prilejul să fac o călătorie în sudul Indiei, la Tirumangalam, unde a predat la Școala Teddy în anul ei liber dinaintea încheierii studiilor universitare. Știu că elevii, profesorii și personalul școlii i-au admirat entuziasmul și mintea limpede, iar ea a învățat la rândul ei multe în această instituție care se străduiește să schimbe ceva în comunitatea locală. Îi sunt de asemenea recunoscător Fionei Burtt, ale cărei sfaturi și cuvinte de încurajare au cântărit greu în ultimii ani.

Lucrând la *Big bang*, am primit un sprijin important în încercarea de a face din ciornele mele o carte adevărată. Raymond Turvey a desenat toate ilustrațiile, iar Terence Caven a supervizat grafica întregii cărți. John Woodruff, cu care am colaborat la *Cartea codurilor*, a jucat un rol esențial în finisarea textului. În cursul ultimilor douăzeci de ani, neștiut de nimeni, în tăcere, el a redactat și corectat zeci de cărți științifice. Este unul dintre eroii din culisele editării de literatură științifică.

Christopher Potter mi-a călăuzit pașii de când am început să scriu și mă bucur că a putut participa la elaborarea cărții. Mitzi Angel a fost noul meu editor și s-a dovedit a fi unul strălucit, oferindu-mi mereu sfaturi prietenești. Țin de asemenea să le mulțumesc editorilor mei străini, din Italia până în Japonia, din Franța până în Brazilia, din Suedia până în Israel și din Germania până în Grecia, care continuă să sprijine publicarea cărților mele. Ei colaborează cu traducători dintre cei mai buni, în stare să-și asume dificila sarcină de a traduce o carte ce conține atât proză narativă, cât și explicații științifice. Puțini sunt cei ce se încumetă să lucreze într-un domeniu atât de specializat cum e cel al editării de carte și le sunt recunoscător celor care fac accesibile cărțile mele în afara lumii anglo-saxone.

În fine, pe timpul cât am scris această carte, toți cei de la Agenția Literară Conville & Walsh m-au înconjurat cu profesionalism și căldură, deși sunt convins că mă număr printre cei mai dificili autori ai lor. În mod special Patrick Walsh, agentul meu literar de când am început să scriu cu un deceniu în urmă, e neobosit în sprijinul pe care mi-l acordă. Îmi comentează mereu cu franchețe textele și e alături de mine în momentele cele mai grele. Nu-mi închipui că există pe lume mulți agenți literari care să-și însoțească autorii în Zambia pentru a vedea o eclipsă solară. Pe scurt, Patrick e cel mai bun prieten pe care un autor și-l poate dori.

Simon Singh
Londra
Iunie 2004

CREDIT FOTOGRAFIC

Ilustrațiile îi aparțin lui Raymond Turvey. Celelalte imagini din carte au fost obținute prin amabilitatea următoarelor surse:

Figurile 10–12	Societatea Astronomică Regală
Figurile 15, 16	Societatea Astronomică Regală
Figura 18	(Copernic) Arhivele Vizuale Emilio Segrè, Colecția T.J.J. See
Figura 18	(Tycho) Societatea Astronomică Regală
Figura 18	(Kepler) Institutul de Astronomie al Universității Cambridge
Figura 18	(Galilei) Arhivele Vizuale Emilio Segrè, Galeria Uffizi
Figura 21	Getty Images (Arhivele Hulton)
Figura 28	Institutul de Astronomie al Universității Cambridge
Figura 29	Arhivele Vizuale Emilio Segrè, revista sovietică de fizică *Uspekhi*
Figura 31	Arhivele Lemaître, Universitatea Catolică din Louvain
Figura 32	Societatea Astronomică Regală
Figura 33	Institutul de Astronomie al Universității Cambridge
Figura 35	Owen Gingerich, Universitatea Harvard
Figurile 36, 37	Arhivele castelului Birr și colecția părintelui Browne
Figura 37	Julia Muir, Universitatea din Glasgow
Figura 38	Edwin Hubble Papers, Biblioteca Huntington
Figura 39	(Curtis) Arhivele Mary Lea Shane/Observatorul Lick
Figura 39	(Shapley) Observatorul Colegiului Harvard
Figura 42	Julia Margaret Cameron
Figura 42	Societatea Astronomică Regală
Figurile 43, 44	Observatorul Colegiului Harvard
Figurile 46–48	Edwin Hubble Papers, Biblioteca Huntington

Figura 49	Observatoarele Institutului Carnegie din Washington
Figura 59	Julia Muir, Universitatea din Glasgow
Figura 56	Societatea Astronomică Regală
Figura 57	(1950) Palomar Digital Sky Survey
Figura 57	(1997) Jack Schmidling, Marengo, Illinois
Figura 63	Societatea Astronomică a Pacificului
Figura 65	Frații Brown
Figura 66	Arhivele Institutului Tehnologic din California
Figura 68	Laboratorul Cavendish, Universitatea Cambridge
Figura 75	Biblioteca Congresului
Figura 76	Laboratorul Cavendish, Universitatea Cambridge și Arhivele Vizuale Emilio Segrè
Figura 77	Arhivele Vizuale Emilio Segrè, Institutul Internațional de Fizică Solvay
Figura 78	Fundația Herb Block
Figura 79	George Gamow, *The Creation of the Universe*
Figura 83	Ralph Alpher
Figurile 84, 85	Biblioteca Colegiului St John, Cambridge
Figura 87	Biblioteca Colegiului St John, Cambridge
Figura 88	Arhivele Vizuale Emilio Segrè, Institutul Internațional de Fizică Solvay
Figura 92	Lucent Technologies Inc/Laboratoarele Bell
Figura 94	Mirror Group News
Figura 96	Lucent Technologies Inc/Laboratoarele Bell
Fugura 97	Muzeul Smithonian
Figura 98	Biblioteca Colegiului St John, Cambridge
Figura 99	Laboratorul de Bioimagistică al Universității din Țara Galilor
Figura 101	NASA (grupul COBE)
Figura 102	NASA (grupul DMR)
Figura 103	Ziarul *The Independent*, 24 aprilie 1992
Figura 104	NASA (grupul WMAP)

CUPRINS

Capitolul 1
ÎNCEPUTURILE 9
Capitolul 2
TEORII ALE UNIVERSULUI 81
Capitolul 3
MAREA DISPUTĂ 151
Capitolul 4
HOINARII COSMOSULUI 239
Capitolul 5
SCHIMBAREA PARADIGMEI 317
Epilog 409
Ce este știința 431
Glosar 435
Recomandări bibliografice 445
Mulțumiri 453
Credit fotografic 457

Redactor
VLAD RUSSO

Tehnoredactor
LUMINIȚA SIMIONESCU

DTP
EMILIA IONAȘCU
CORNEL DRĂGHIA

Apărut 2008
BUCUREȘTI – ROMÂNIA

Lucrare executată la „UNIVERSUL" S.A.

Simon Singh este autorul celebrelor cărți de popularizare a științei *Marea teoremă a lui Fermat* și *Cartea codurilor*.

În 1992, satelitul COBE a trimis spre Pământ date legate de radiația cosmică de fond, iar acestea au fost transformate în imagini ce au făcut repede înconjurul lumii. Era cea mai veche mărturie privind universul nostru, „semnătura lui Dumnezeu", care scotea în evidență infime variații ale densității materiei din universul timpuriu – germenii galaxiilor și stelelor, în ultimă instanță semințele din care am apărut și noi. Această descoperire, considerată una dintre cele mai mari din toate timpurile, venea să certifice valabilitatea modelului big bang: universul nu e etern și imuabil, ci s-a născut dintr-o explozie și se află în expansiune.

În *Big bang*, Simon Singh scrie istoria ideilor și modelelor pe care ni le-am făurit despre univers, de la desprinderea științei de religie și mit până în prezentul cercetărilor prin sateliți. Copernic, Galilei, Einstein, Hubble, Gamow sau Hoyle sunt personajele unei povești pasionante la care participăm și cu mintea, și cu sufletul. Însă dincolo de povestire, admirabil construită, în cartea lui Singh găsim analiza fină a însești condiții cunoașterii științifice.

Alte cărți de știință la Humanitas:

Werner Heisenberg, *Partea și întregul*
Brian Greene, *Universul elegant*
John D. Barrow, *Cartea infinitului*
Jeremy Bern[illegible]*nstein și frontierele fizicii*

ISBN 978-973-50-2016-3